

**UB Braunschweig 84**



**2728-526-4**

Braunschweigische  
Wissenschaftliche Gesellschaft

# Jahrbuch 1993

---

**VERLAG ERICH GOLTZE GMBH & CO. KG · GÖTTINGEN**

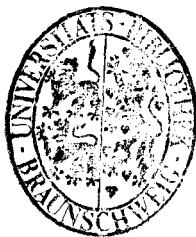
**1994**

Das vorliegende Jahrbuch ist beim Verlag und beim Buchhandel erhältlich.  
Preis DM 20,-

Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln  
des Landes Niedersachsen

BWG 38100 Braunschweig  
Fallersleber Torwall 16, Telefon (05 31) 1 44 66

Für die Redaktion verantwortlich:  
Der Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft



ISSN 0931-1734  
ISBN 3-88452-239-6

Alle Rechte vorbehalten von  
Verlag Erich Goltze GmbH & Co. KG, 37079 Göttingen  
1994

Gesamtherstellung: Goltze-Druck, 37079 Göttingen  
Printed in Germany

## INHALTSVERZEICHNIS

## ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG)	9
Die Organe der BWG 1943–1993	10
Zeitlicher Überblick über die Mitglieder der BWG 1943–1993	11
Die Mitglieder der BWG 1943–1993	21
Die Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949–1993	38
Die 1. Satzung der BWG von 1943	41
Die 4. Satzung der BWG von 1993	44
Geschäftsordnung für die Wahl ordentlicher und korrespondierender Mitglieder der BWG	49
Geschäftsordnung für die Kommissionen der BWG (Neufassung 1993)	50
Bestimmungen für die Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille	51
Druckschriftenordnung für die „Abhandlungen der BWG“	53

## PLENARVERSAMMLUNGEN

15.01.1993	in Braunschweig: Amtsübergabe des Präsidiums	
	<i>J. Herrenberger</i> : Begrüßung	55
	<i>G. Oberbeck</i> : Rückblick und Übergabe des Präsidentenamtes	57
	<i>W. Leonhard</i> : Dank und Zielsetzung	63
	Steuerung und Regelung in der elektrischen Energietechnik	65
	<i>U. Wannagat</i> : Schlußworte	77
12.02.1993	in Braunschweig	
	<i>K. Groth</i> : 100 Jahre Diesel-Patent	
	(Ausführliche Darstellung in <b>Abhandlungen XLIII</b> [1992] 177–190)	
12.03.1993	in Braunschweig	
	<i>H.-G. Unger</i> : Neue Entwicklungen in der optischen Nachrichtentechnik	
	(Ausführliche Darstellung in <b>Abhandlungen XLIV</b> [1993] 69–87)	



16.04.1993	in Braunschweig <i>H.-J. Nitz</i> : Karolingische Raumplanung im eroberten Sachsen*	
14.05.1993	in Hannover <i>G. Maaß</i> : Molekulare Medizin: Verpassen wir eine Zukunftschance?	79
10.07.1993	in Clausthal <i>P. Funke</i> : Neue Zielsetzung der Umformtechnik unter den Gesichtspunkten der industriellen Umstrukturierung*	
10.10.1993	in Braunschweig <i>H. Brass</i> : Gerechte Verteilung als mathematisches Problem . . . . .	85
12.11.1993	in Braunschweig <i>H. Schönfelder</i> : 25 Jahre PAL-Fernsehen . . . . .	97
10.12.1993	in Braunschweig Bericht des Präsidenten und des Generalsekretärs über das Jahr 1993. Neuwahlen. (Vgl. <i>Mitteilungen ff.</i> auf Seite 233 dieses Jahrbuches)	

## KLASSENSITZUNGEN

### Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

12.02.1993	in Braunschweig <i>H. Welling</i> : Gravitationswellen*	
16.04.1993	in Braunschweig <i>M. Röhrs</i> : Verwilderung von Haustieren*	
14.05.1993	in Hannover <i>H. Harborth</i> : Gleiche Abstände in ebenen Punktmengen. . . . .	105
08.10.1993	in Braunschweig <i>Chr. Schwink</i> : Gelöste und ungelöste Fragen bei der Verformung von Metallen*	
12.11.1993	in Braunschweig <i>R. Haul</i> : Molekularer Transport in porösen Netzwerken – Adsorbentien, Katalysatoren . . . . .	107

---

\* Eine Zusammenfassung wurde vom Vortragenden nicht erstellt

**Klasse für Ingenieurwissenschaften**

- 12.03.1993 in Braunschweig  
*H.-D. Baehr*: Damit die Ozonschicht nicht dünner wird – Thermodynamische Stoffdatenforschung für den Ersatz von Fluorchlorkohlenstoffen\*
- 10.07.1993 in Clausthal  
 Regularien
- 08.10.1993 in Braunschweig  
*H. Duddeck*: Ingenieuraufgaben beim Bau des Kanaltunnels . . . . . 117

**Klasse für Geisteswissenschaften**

- 13.02.1993 in Braunschweig  
*J. Schillemeit*: Goethe und Heinrich Meyer: Zu den römischen Anfängen der klassischen Weimarer Kunstlehre  
 (Ausführliche Darstellung in **Abhandlungen XLIV** [1993] 119–129)
- 13.03.1993 in Braunschweig  
*C. Meckseper*: Oben und Unten in der Architektur . . . . . 121
- 17.04.1993 in Braunschweig  
*H. Boeder*: Die philo-sophischen Conceptionen der Mittleren Epoche 123
- 19.06.1993 in Braunschweig  
*B. Schneidmüller*: Das Fremde und das Eigene im Mittelalter: Kaiser Heinrich V. in französischer Sicht . . . . . 129
- 09.10.1993 in Braunschweig  
*E. Rosen*: „In memoriam“ – Zeitgenossen über Fontane . . . . . 131
- 18.12.1993 in Braunschweig  
*G. Maurach*: Daniel von Morlays „Philosophia“  
 (Ausführliche Darstellung in **Abhandlungen XLIV** [1993] 187–232)

**FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG 11.06.1993****Öffentliche wissenschaftliche Vorträge**

- P. G. Mezger*, Bonn: Blick in das kalte Weltall – was Radio- und Infrarotastronomie uns lehren . . . . . 147
- H. Elsässer*, Heidelberg: Infrarote Galaxien . . . . . 161
- J. Trümper*, Garching:  
 Das heiße Universum – neue Ergebnisse der Röntgenastronomie . . . 175

**Festversammlung im Altstadtrathaus**

Ansprache und Bericht des Präsidenten der BWG, <i>Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Werner Leonhard</i> . . . . .	205
Laudatio zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1993 an <i>Prof. Dr. Hans-Heinrich Voigt</i> durch <i>Prof. Dr. Rudolf Kippenhahn</i> . . . . .	213
Dankrede und wissenschaftlicher Vortrag des Gauß-Preisträgers 1993. . . . .	216
<i>Hans-Heinrich Voigt</i> : Die Eroberung neuer Spektralbereiche in der Astronomie . .	217
Urkunde und Lebenslauf des Preisträgers. . . . .	228
Schlußworte durch Generalsekretär <i>Prof. Dr. Dr. h. c. Ulrich Wannagat</i> . . . . .	231

**MITTEILUNGEN**

Veröffentlichungen . . . . .	233
Geschäftliche Mitteilungen. . . . .	233

**PERSONALIA**

Todesfälle . . . . .	235
Nachrufe	
<i>Hans-Werner Partenscky</i> : Alfred Führböter (1931–1992) . . . . .	236
<i>Gregor Maurach</i> : Konrad Gaiser (1929–1988) . . . . .	238
<i>Ekkehard Winterfeldt</i> : Hans Herloff Inhoffen (1906–1992) . . . . .	240
<i>Helmut Henne</i> : Karl-Hermann Körner (1941–1992) . . . . .	243
<i>Karl-Heinz Bretthauer</i> : Theodor Rummel (1910–1992) . . . . .	244
Zuwahlen. . . . .	247
Mitgliederverzeichnis . . . . .	251

# ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

## Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Im Jahre 1943 führten die Initiativen einiger Professoren der Braunschweiger Technischen Hochschule Carolo Wilhelmina zur Errichtung der „Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“. Sie wurde nach Genehmigung der vorgelegten Satzung durch den damals zuständigen Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung am 9. Dezember 1943 in einer feierlichen Sitzung konstituiert. Das zu diesem Anlaß von dem ersten Vorsitzenden des Senats der neuen Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, erstattete Referat gibt Auskunft über die Motive dieser Gründung. Maßgebend war der Wunsch nach Überwindung eines allzu engen wissenschaftlichen Spezialistentums und einer einseitigen Orientierung der Forschung auf rasche Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Dies wird in der ersten Satzung der Gesellschaft deutlich. In deren § 1 bestimmt sie: „insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen“. Organisatorisch war die Neugründung als selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium, Senat, Fachbereiche) angelegt. Der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig war jedoch ex officio zum Präsidenten der Gesellschaft bestimmt, was hauptsächlich auf eine administrative Vereinfachung abzielte.

Bis Ende 1944 wurde die Gesellschaft durch Berufung von Mitgliedern aus verschiedenen Fachgebieten personell ausgebaut. Besondere Aktivitäten konnte sie in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand auch nach dem Kriege unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort. Jedoch wurden Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde. Sie war im Kern durch Selbstergänzung und begrenzte Platzzahl der Mitglieder sowie durch Gliederung in Fachbereiche bereits vorhanden.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen – seit 1950 Klassen – wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt. Initiiert von Prof. Dr. phil. Eduard Justi erschien 1949 der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Im gleichen Jahre verließ die Gesellschaft erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille. 1953 erhielt die Gesellschaft schließlich den Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts. Mit dem Errichtungserlaß des Niedersächsischen Landesministeriums wurde ihr zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich Teile der ehemaligen Satzung erhalten geblieben waren. 1971 erhielt die Gesellschaft eine in einigen Bereichen veränderte und schließlich 1993 ihre heute gültige Satzung, die sie im Geiste einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt aus-

zufüllen bestrebt ist. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt. Zur Durchführung langfristiger Forschungsvorhaben hat die BWG eine Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, eine Kommission für Umwelt und Technik und eine Kommission für Recht und Technik eingesetzt. Von den jährlich erscheinenden „Abhandlungen“ sind bisher 44 Bände und in der Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte 6 Bände publiziert worden. Initiiert von Prof. Dr. techn. Karl Heinrich Olsen, veröffentlicht die BWG seit 1983 Jahrbücher, die insbesondere über Vortragsveranstaltungen, Kommissionstätigkeiten und Personalia berichten.

## **Die Organe der BWG 1943–1993**

Konstituierende Sitzung: 30. 11. 1943

Erste Sitzung des Senats: 02. 12. 1943

Eröffnungssitzung: 09. 12. 1943 [siehe Abhandlungen der BWG **21** (1969), 8]

Erste Sitzung : 1944 [siehe Abhandlungen der BWG **1** (1949), 169]

Zweite Sitzung: 1953 [siehe Abhandlungen der BWG **5** (1953), 212 ]

Dritte Sitzung: 1971 [siehe Abhandlungen der BWG **22** (1971), 291]

Vierte Sitzung: 1993 [siehe Jahrbuch der BWG **1993**, 44]

## **PRÄSIDENTEN**

1943–45: Fritz Gerstenberg, 1946–48: Gustav Gassner, 1949–50: Hans Herloff Inhoffen, 1951–53: Eduard Justi, 1954–56: Leo Pungs, 1957–59: Max Kohler, 1960–62: Hans Kroepelin, 1963–66: Paul Koeßler, 1967–70: Hermann Blenk, 1971–77: Karl Gerke, 1978–80: Herbert Wilhelm, 1981–86: Karl Hermann Olsen, 1987–92: Gerhard Oberbeck, seit 1993: Werner Leonhard

## **GENERALSEKRETÄRE**

1943–45: Ernst August Roloff, 1946–48: Wilhelm Gehlhoff, 1949–50: Eduard Justi, 1951–53: Hermann Schlichting, 1954–1959: Hans Herloff Inhoffen, 1960–61: Hellmut Bodemüller, 1962–64: Hans Joachim Bogen, 1965–69: Hermann Schaefer, 1970–71: Karl Gerke, 1972–73: Arnold Beuermann, 1974–80: Karl Hermann Olsen, 1981–82: Ulrich Wannagat, 1983–85: Hans Joachim Kanold, 1986–88: Egon Richter, 1989–91: Har-  
men Thies, 1992–94: Ulrich Wannagat

**VORSITZENDE DER KLASSEN****BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN****Naturwissenschaften**

1943–47: G. Cario, 1948–50: P. Dorn, 1951–53: H. H. Inhoffen, 1954–57: P. Dorn, 1958–60: H. Kroepelin, 1961: H. Poser, 1962–64: H. Hartmann, 1965–66: H. Schumann, 1967–72: M. Grützmaker, 1973–76: U. Wannagat, 1977–80: H. R. Müller, 1981–84: E. Richter, 1985–89: O. Rosenbach, 1990–91: St. Schottlaender, 1992–94: H. J. Kowalsky

**Ingenieurwissenschaften**

1943–48: E. Marx, 1949–53: L. Pungs, 1954–56: O. Flachsbart, 1957–60: W. Hofmann, 1961–64: H. Hausen, 1965–70: G. Wassermann, 1971–77: H. W. Henniecke, 1978–79: Th. Rummel, 1980–83: M. Mitschke, 1984–93: R. Jeschar

**Bauwissenschaften**

1943–48: ?, 1949–53: Th. Kristen, 1954–62: F. Zimmermann, 1963–67: A. Pflüger, 1968–69: J. Göderitz, 1970–73: W. Wortmann, 1974: K. H. Olsen, 1975–78: H. Duddeck, 1979–83: W. Höpcke, 1984–93: J. Herrenberger

**Geisteswissenschaften**

1943–48: W. Jesse, 1949–53: W. Gehlhoff, 1954–57 (Obmann): W. Jesse, 1958–61 (Obmann): H. Glockner, 1962–68 (Obmann): H. Heffter, 1969–78: A. Beuermann, 1979–87: M. Gosebruch, 1988–89: H. Boeder, 1990–91: G. Maurach, 1992–93: C. A. Scheier

**Zeitlicher Überblick über die Mitglieder der BWG 1943–1993**

o=ordentliches Mitglied, x=korrespondierendes Mitglied

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Albareda				xxxxxxxxxxxx						
Albrecht					oo					
Arndt			oooooooooooo							
Baehr									oooooooooooo	
Bammert								oooooooooooo		
Bartels									oooooooooooo	
Batel								oooooooooooo		
Becker G.							oooooooooooo			
Becker W.							xxxxxxxxxxxx			
Beneking									xxxxxxxx	
Bentz				xxxxx						

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00052565>

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Engel					0000000000					
v. Engelhardt								XXXXXXXXXXXXXX		
Erdmann-Jesnitzer								00000000000000		
Ertl								XXXXXXXXXX		
Esslinger								0000000000000000		
Fehl									XXX	
Flachsbart			00000							
Flesche	00000000000000000000000000000000									
Flügel					XXXX					
Föppl	000000000000000000									
v. Frankenberg	000000000000000000000000									
Friedrichs				XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
Fries	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									
Frohne	0000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									
Führböter									0000	
Funke								000000000000000000		
Gaiser								XXXXX		
Ganz								0000000		
Garbrecht								000000000000XXXXXXX		
Garrigues								XXXXXXXXXXXX		
Gassner	0000000000									
Gehlhoff	00000000000									
Geiger	XXXX									
Gerke						000000000000000000000000000000				
Gersten						XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX				
Gerstenberg	0000000000000000000000									
Glockner			00000000000000000000000000							
Göderitz	00000000000000000000000000000000									
Goetting				00000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
Görtler						XXXXXXXXXXXXXX				
Gosebruch						000000000000000000000000				
Grabe						00XXXXXXXXXX				
Grigull						XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX				
Gronau		0								
Grossmann				000000000000000000000000						
Groth								000000000000000000		
Grumbrecht	0000000									
Grüzmacher		00000000000000000000000000000000								
Gundermann								000000000000000000		
Gutmann								XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		



<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00052565>

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Jordan						00000000000000XXXXXX				
Justi		00								
Kaluza				00000000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
Kamp								0000000000000000		
Kanold						000000000000000000000000000000				
Kehr					000000000000000000					
Kersten						00000000000000000000000000000000				
Kertz						00000000000000000000000000000000				
Keßler							0000000000000000000000000000XX			
Kienzle				0000XXXXXXX						
Killy								0000000000000000		
Kind								000000000000000000		
Kippenhahn							0000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Kirschstein					XXXXXX					
Kistenmacher							0000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Kleinau						0000000000000000				
Klibansky										xxx
Klöppel							xxxxxxxxxxxxxx			
Kloth		00000000000000000000								
Kneser								xxxxxxxxxxxxxx		
Koessler	00									
Koesters		oo								
Kohler			000000000000000000000000000000000000							
Konecny									000000000000	
König								00000000000000000000		
Koppe	00000000000000000000000000									
Kordina						00000000000000000000000000000000				
Körmer										ooo
Köthe							xxxxxxxxxxxxxxxxxx			
Kowalsky							00000000000000000000000000000000			
Kracke								000000000XXXXXXXXX		
Kraemer F.W.		00								
Kraetzig										xxx
Krämer B.	xxx									
Krebs							000000000000			
Kreutzkamp								xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		
Kristen	00									
Kroepelin		00								
Kröner						0000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX				
Krüger	00000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Kuhn									XXXXXXXXXX	
Lagershausen				00000000000000000000						
Lautz						000000000000000000000000				
Lavrov									XXXXXX	
Lehmann					000000000000000000000000					
Leichtweiss	0000000000000000									
Leilich									00000000	
Lendholt						000000000				
Leonhard								0000000000000000		
Leschonski								000000000		
Lighthill							XXXXXXXXXX			
Lochte-Holtgreven					XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX					
Löhner	000000000000000000000000000000									
Lohse								0000000000000000		
Luther					0000					
Lutz				0000000000000000						
Maaß								0000000000000000		
Mahrenholtz								0000000000000000		
Martini						00				
Marx C.								000000000		
Marx E.	00000000000000000000000000000000									
Massute				0000000000000000						
Matthies							00000000000000000000			
Maurach								0000000000000		
Mayeringer								0000XXXXXXXXXXXXXX		
Mecke					000000000000000000000000000000					
Meckseper									000	
Mensching							0000XXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Meyer						000000				
Mitschke								00000000000000000000		
Moessner		000000000000000000000000000000								
Mohr								00000000000000000000		
Möller								0000000000000		
Moritz								XXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Mühe	00000000									
Müller Georg								0000000000000000		
Müller Gerhard								00000000		
Müller HR.							000000000000000000000000			
Müller L.								XXXXXX		
Musmann								000000000000		

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Narkiss									xxxxxxxxxx	
Natke									oooooooo	
Neumann									xxxxxx	
Niemann		ooooooooxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx								
Niemeier				ooooooooxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Niquet					oooooooooooooooooooooooo					
Nitz									oooo	
Oberbeck									oooooooooooo	
Oelsen			ooooooooxxxxxxxxxxx							
Oexle									ooooxxxx	
Olsen						oooooooooooooooooooooooooooo				
Pahlitzsch		oo								
Partenscky									oooooooooooo	
Patat			ooxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx							
Pelzer									oooo	
Peroni									xxxxxxx	
Pestel				oooooooooooooooooooooooooooooooo						
Petersen	oooooooooooooooooooooooooooooooo									
Pfleiderer	oooooooooooooooooooo									
Pflüger			oooooooooooooooooooooooooooooooooooo							
Pieper							ooooooooooooxxxxxxxxxxx			
Pierick								oooooooooooooooooooo		
Pilger							oooooooooooooooooooooooooooo			
Pöls								ooooooo		
Pongs	xx									
Poser		oooooooooooooooooooooooooooooooooooo								
Press				xxxxxx						
Pritschow		oooooooooooo								
Pungs	oooooooooooooooooooooooooooooooooooo									
Quade				oooooooooooooooooooooooooooo						
Raabe									oooooo	
Rambaldi									xxxxxxx	
Raupach				ooooooooxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx						
Rautmann	oooooooooooooooo									
Raven	oooooooooooooooooooo									
Rehage								ooo		
Renard						oooooooooooooooooooooooooooo				
Reuther								oooooooo		
Richter							oooooooooooooooooooooooooooo			
Rieger										oo

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Risch		0000000000000000								
Rögener								0000000000000000		
Rohdenburg								00000		
Röhrs								0000000000000000		
Roloff	00000									
Rosen E.							0000000000000000			
Rosen St.								XXXXXXXXXX		
Rosenbach							0000000000000000			
Rostasy								00000000000		
Roth	XXXXXXX									
Rothert									00000000	
Ruge							0000000000000000			
Rummel						0000000000000000				
Salvini								XXX		
Schaefer	0000000000000000									
Schaller					000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX					
Scheer								0000000000000000		
Scheibe				00						
Scheier									0000	
Schillemeit								0000000000000000		
Schimank	000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									
Schindel									0000	
Schlichting	00000000000000000000000000000000									
Schlitt					0000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX					
Schlums				000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
Schlyter	XXXXXX									
Schmidt	0000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									
Schmitz O.	000000000000000000									
Schmitz R.								XXXXXXXXXXXXXXXX		
Schnath			0000000000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
Schneidmüller										0
Schoeller				XXXXXX						
Schönfeld				00000000000000000000						
Schönfelder								00000000000000		
Schönhofer	00000000000									
Schottky							XX			
Schottländer								0000000000000000		
Schügerl									000000	
Schultze	000000000000000000000000									
Schumacher						XXXXXXXXXXXXXXXXXX				

	1945	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Schumann						000000000000000000000000000000				
Schwab									000000	
Schwerdtfeger									000000000	
Schwink									00000000000	
Scriba										xxxxxx
Sewig				000000000000000000000000000000						
Spengelin								000000000000000000000000000000		
Spiess	000000000000000000000000000000									
Stahl									00000000	
Steck										0
Stein								000000000000000000		
Steudel						000000000000000000000000000000				
Stille						0000000				
Stoy	000000000000000000									
Stracke									0000xxxxx	
Ströker										x
Strutt						000000000000000000000000000000				
Suhrmann				000000000000000000000000000000						
Tamms								xxxxxx		
Taubert						00000000				
Thieme									0000000000	
Thies									0000000000	
Thoma									0000000000000000	
Thulesius			000000000000000000000000							
Tietz								000000000000000000000000		
Tischner						000000000000000000000000000000				
Tönshoff									0000000000	
Torge									0000000000000000	
Toth									0000000000000000	
Triebel								000000000000000000000000000000		
Trömel						000000				
Truckenbrodt								000000000000000000000000000000		
Tsujimura									000000000000000000000000000000	
Ullmann										xx
Unger F.	000000000000000000000000000000									
Unger HG.								000000000000000000000000000000		
Unsöld	000000000000000000000000000000									
Vieweg						000000000000000000000000000000				
Vogelpohl						000000000000000000000000000000				
Vollmar									00000000	

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00052565>

## Die Mitglieder der BWG 1943–1993

**Legende:** Name Vorname. Geburtstag Todestag. Akademische Titel. Klassifikation. Ort der Tätigkeit. Zeitraum der Mitgliedschaft (o = ordentlich, k = korrespondierend). Biographische Angaben in den *Abhandlungen* (Bandzahl, Erscheinungsjahr, Seite) oder den *Jahrbüchern* (J mit Jahreszahl, Seite).

### Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik

- Bartels** Heinz. \* 21.10.1920. Dr. med. o. Prof. Physiologie. Hannover. **oM** 1983–84, **kM** 1985–heute. **J** 1983 103.
- Becker** Gerhard. \* 21.12.1916. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Dr.-Ing h.c. Prof. PTB. Physik. Braunschweig. **oM** 1973–heute. **24** (1974) 144.
- Becker** Wilhelm. \* 03.07.1907. Dr. phil. Dr. h.c. o. Prof. Astronomie. Basel. **kM** 1974–heute. **18** (1966) 184, 186.
- Bentz** Alfred. \* 26.07.1897 † 11.06.1964. Dr. rer. nat. Dr. rer. nat. h.c. Dr. rer. mont. h.c. ao. Prof. Geologie. Hannover. **kM** 1960–64. **17** (1965) 241, **21** (1969) 54.
- Birkenbach** Lothar. \* 21.04.1876 † 22.09.1962. Dr. phil. Dr. rer. nat. h.c. o. Prof. Chemie. Clausthal. **oM** 1944–53, **kM** 1954–62. **21** (1969) 55.
- Boersch** Hans. \* 01.06.1909 ausgeschieden 1970. Dr. phil. o. Prof. Physik. Braunschweig/Berlin. **oM** 1952–53, **kM** 1954–70. **21** (1969) 101.
- Boettger** Caesar. \* 20.05.1888 † 08.09.1976. Dr. phil. o. Prof. Zoologie. Braunschweig. **oM** 1949–76. **1** (1949) 162, **21** (1969) 102.
- Bogen** Hans Joachim. \* 19.11.1912. Dr. rer. nat. o. Prof. Botanik. Braunschweig. **oM** 1957–heute. **21** (1969) 104.
- Braß** Helmut. \* 22.02.1936. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1991–heute. **J** 1991 245.
- Brehler** Bruno. \* 25.12.1922 † 11.08.1988. Dr. rer. nat. o. Prof. Mineralogie. Clausthal. **oM** 1974–88. **J** 1988 267.
- v. Bruchhausen** Friedrich. \* 25.09.1886 † 03.02.1966. Dr. phil. Dr. med. h.c. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1944–66. **18** (1966) 182, **21** (1969) 57.
- Bürger** Hans. \* 09.04.1937. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. o. Prof. Chemie. Wuppertal. **kM** 1991–heute.
- Buschendorf** Friedrich. \* 10.04.1898 † 21.01.1978. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Mineralogie. Hannover. **oM** 1957–78. **21** (1969) 107, **30** (1979) 149.
- Cario** Günther. \* 03.08.1897 † 18.09.1984. Dr. phil. o. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1943–84. **1** (1949) 162, **21** (1969) 111, **J** 1985 145.
- de Cayeux de Sénarpon** André. \* 24.12.1907 † 27.12.1986. Lic.-ès-lett. Doct. ès-sci. Dr. h.c. (Lodz). Geographie. Paris. **kM** 1955–86. **21** (1969) 109.
- Cramer** Friedrich. \* 20.09.1923. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. o. Prof. Chemie. Göttingen. **oM** 1977–heute. **J** 1977/1 34.
- Dieminger** Walter. \* 07.07.1907. Dipl.-Phys. Dr. rer. techn. apl. Prof. Geophysik. Göttingen/Lindau. **oM** 1972–heute. **22** (1970) 297.
- Diesselhorst** Hermann. \* 01.12.1870 † 22.02.1961. Dr. phil. Dr. rer. nat. h.c. o. Prof. Physik. Braunschweig. **kM** 1944–53, **oM** 1954–61. **1** (1949) 162, **21** (1969) 60.
- Dorn** Paul. \* 15.01.1901 † 12.07.1959. Dr. phil. o. Prof. Geologie. Braunschweig. **oM** 1944–59. **1** (1949) 162, **11** (1959) 121, **21** (1969) 61.



- Ehrich** Hans Dieter. \* 02.02.1943. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. Prof. C 4. Informatik. Braunschweig. **oM** 1991–heute. **J 1991** 245.
- Elsasser** Walter Maurice. \* 20.03.1904. Dr. phil. o. Prof. Geophysik. Baltimore. **kM** 1977–heute. **27** (1977) 29–30.
- v. Engelhardt** Wolf. \* 09.02.1910. Dr. phil. o. Prof. Mineralogie. Tübingen. **kM** 1980–heute. **J 1980/1** 31.
- Ertl** Gerhard. \* 10.10.1936. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Dr. h. c. o. Prof. Chemie. München/Berlin. **kM** 1985–heute. **J 1985** 129, 141.
- v. Frankenberg und Ludwigsdorf** Gerhard. \* 12.10.1892 † 30.11.1969. Dr. phil. ao. Prof. Zoologie. Braunschweig. **oM** 1946–69. **21** (1969) 64, **22** (1970) 324.
- Friedrichs** Kurt. \* 28.09.1901 † 01.01.1983. Dr. phil. Dr. h. c. mult. o. Prof. Mathematik. New York. **kM** 1959–82. **21** (1969) 115.
- Fries** Karl-Theophil. \* 13.03.1875 † 06.09.1962. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **kM** 1946–62. **21** (1969) 65.
- Gassner** Gustav. \* 17.01.1881 † 05.02.1955. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Botanik. Braunschweig. **oM** 1946–55. **7** (1955) 171, **21** (1969) 66.
- Grützmacher** Martin. \* 10.11.1901. Dr. phil. Hon. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1951–heute. **21** (1969) 122.
- Gundermann** Karl-Dietrich. \* 20.02.1922. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. o. Prof. Chemie. Clausthal. **oM** 1976–heute. **1976/2** 45.
- Gutmann** Viktor. \* 10.11.1921. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ph.D. Sc.D. Dr. h. c. (Toruń) Dr. h. c. (Budapest). o. Prof. Chemie. Wien. **kM** 1975–heute. **24** (1974) 141, **J 1980/2** 43.
- Haken** Hermann. \* 12.07.1927. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. Dr. h. c. (Essen) Dr. h. c. (Madrid). o. Prof. Physik. Stuttgart. **kM** 1987–heute.
- Harborth** Heiko. \* 11.02.1938. Dr. rer. nat. Prof. C 3. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1992–heute. **J 1992** 181.
- Hartmann** Hellmut. \* 20.08.1895 † 21.12.1986. Dipl.-Chem. Dr.-Ing. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1956–86. **21** (1969) 123, **50** (1988) 87, **J 1988** 255.
- Hartmann** Thomas. \* 02.02.1937. Dr. rer. nat. o. Prof. Biologie. Braunschweig. **oM** 1983–heute. **J 1983** 104.
- Haul** Robert. \* 31.05.1912. Dipl.-Chem. Dr.-Ing. o. Prof. Chemie. Hannover. **oM** 1972–heute. **24** (1974) 145.
- Hengge** Edwin. \* 21.07.1930. Dipl.-Chem. Dr. techn. o. Prof. Chemie. Graz. **kM** 1985–heute.
- Henze** Ernst. \* 17.08.1927 † 15.02.1986. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1976–86. **J 1976/2** 43, **J 1987** 267.
- Hopf** Henning. \* 13.12.1940. M.Sc. Ph.D. Prof. C 4. Chemie. Braunschweig. **oM** 1983–heute. **J 1983** 106.
- Hövermann** Jürgen. \* 15.03.1922. Dr. rer. nat. o. Prof. Geographie. Berlin/Göttingen. **kM** 1961–71, **oM** 1972–heute. **21** (1969) 133.
- Iglish** Rudolf. \* 11.01.1903 ausgeschieden 1947. Dr. phil. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1944–46.
- Inhoffen** Hans Herloff. \* 09.03.1906 † 31.12.1992. Dr. phil. Dr. med. h. c. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1946–85, **kM** 1986–92. **2** (1950) 224, **21** (1969) 135.
- Jaretsky** Robert. \* 18.10.1900 † 28.09.1956. Dr. phil. o. Prof. Pharmakognosie. Braunschweig. **oM** 1944–56. **9** (1957) 278, **21** (1969) 75.

- Kaluza** Theodor. \* 14.10.1910. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Hannover. **oM** 1957–74, **kM** 1975–heute. **21** (1969) 140.
- Kanold** Hans-Joachim. \* 29.07.1914. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1971–heute. **22** (1970) 308.
- Kersten** Martin. \* 28.04.1906. Dipl.-Phys. Dr.-Ing. o. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1964–heute. **21** (1969) 142.
- Kertz** Walter. \* 29.02.1924. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Geophysik. Braunschweig. **oM** 1966–heute. **21** (1969) 143.
- Keßler** Franz Rudolf. \* 11.08.1927. Dr. phil. o. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1969–91, **kM** 1992–heute. **21** (1969) 144.
- Kippenhahn** Rudolf. \* 24.05.1926. Dipl.-Math. Dr. phil. nat. o. Prof. Astronomie. Göttingen. **oM** 1971–74, **kM** 1974–heute. **22** (1970) 309.
- Kneser** Martin. \* 21.01.1928. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Göttingen. **kM** 1983–heute. **33** (1982) 11.
- Koesters** Wilhelm. \* 25.04.1876 † 28.07.1950. Dr. phil. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1949–50.
- Kohler** Max. \* 14.05.1911 † 31.03.1982. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Physik. Braunschweig/Göttingen. **oM** 1955–79, **kM** 1980–82. **2** (1950) 224, **21** (1969) 147, **34** (1982) 225.
- Köthe** Gottfried. \* 25.12.1905 † 30.04.1989. Dr. phil. Dr. h. c. (Montpellier) Dr. rer. nat. h. c. (Münster), Dr. rer. nat. h. c. (Mainz) Dr. rer. nat. h. c. (Saarbrücken) o. Prof. Mathematik. Frankfurt am Main. **kM** 1975–89. **21** (1969) 45.
- Kowalsky** Hans-Joachim. \* 16.07.1921. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1968–heute. **21** (1969) 149.
- Krebs** Wolfgang. \* 18.11.1933 † 09.11.1981. Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. o. Prof. Geologie. Braunschweig. **oM** 1971–81. **23** (1972) 350, **34** (1982) 223.
- Kreutzkamp** Norbert. \* 28.08.1923. Dipl.-Chem. Dr. phil. o. Prof. Pharmazie. Hamburg. **kM** 1978–heute.
- Kroepelin** Hans. \* 28.12.1901 † 27.10.1993. Dr. phil. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1946–93. **1** (1949) 163, **21** (1969) 154.
- Kuhn** Hans. \* 05.12.1919. Dipl.-Ing. Chem. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Chemie. Göttingen. **kM** 1983–heute. **31** (1980) 154.
- Lochte-Holtgreven** Walter. \* 15.10.1903 † 11.09.1987. Dr. phil. o. Prof. Physik. Kiel. **kM** 1965–87. **21** (1969) 159.
- Maaß** Günter. \* 07.01.1934. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Biochemie. Hannover. **oM** 1978–heute. **J** 1978/2 63.
- Martini** Hans Joachim. \* 05.01.1908 † 22.10.1969. Dr. phil. Hon. Prof. Geologie. **oM** 1968–69. **21** (1969) 489, **22** (1970) 298.
- Mensching** Horst. \* 05.06.1921. Dr. rer. nat. o. Prof. Geographie. Hannover/Hamburg/Göttingen. **oM** 1971–74, **kM** 1975–heute. **22** (1970) 310.
- Meyer** Friedrich. \* 25.04.1920 † 04.12.1976. Dr. med. o. Prof. Pharmakologie. Braunschweig. **oM** 1971–76. **23** (1972) 351, **28** (1977) 195.
- Müller** Georg. \* 01.10.1930. Dr. rer. nat. o. Prof. Mineralogie. Clausthal. **oM** 1980–heute. **J** 1980/1 30.
- Müller** Hans Robert. \* 26.10.1911. Dr. phil. o. Prof. Mathematik. Braunschweig. **oM** 1972–heute. **24** (1974) 153.

- Patat** Franz. \* 15.05.1906 † 11.12.1982. Dr. phil. Dr. phil. h. c. o. Prof. Chemie. Hannover/München. **oM** 1953–54, **kM** 1955–82. **21** (1969) 174.
- Pilger** Andreas. \* 19.12.1910. Dipl.-Geol. Dr. phil. o. Prof. Geologie. Clausthal. **oM** 1970–heute. **22** (1970) 312.
- Poser** Hans. \* 13.03.1907 ausgeschieden 1988. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Geographie. Braunschweig/Hannover/Göttingen. **oM** 1949–87. **2** (1950) 225, **21** (1969) 178.
- Quade** Wilhelm. \* 01.12.1898 † 10.06.1975. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Mathematik. Hannover. **oM** 1957–75. **13** (1961) 219, **21** (1969) 180, **30** (1979) 145.
- Rautmann** Hermann. \* 17.12.1885 † 28.07.1956. Dr. med. Dr. phil. ao. Prof. Medizin. Braunschweig. **oM** 1944–56. **9** (1957) 280, **21** (1969) 88.
- Rehage** Günther. \* 04.04.1920 † 04.09.1984. Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. o. Prof. Chemie. Clausthal. **oM** 1982–84, **J 1982** 72, **J 1986** 227.
- Richter** Egon. \* 24.03.1928. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1969–heute. **22** (1970) 313.
- Rieger** Georg. \* 16.08.1931. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Hannover. **oM** 1992–heute. **J 1992** 181.
- Rohdenburg** Heinrich. \* 27.01.1937 † 27.02.1987. Dr. rer. nat. o. Prof. Geographie. Braunschweig. **oM** 1983–87. **J 1983** 107, **J 1988** 261.
- Röhrs** Manfred. \* 22.09.1927. Dr. rer. nat. o. Prof. Zoologie. Hannover. **oM** 1978–heute. **J 1978/2** 62.
- Rosenbach** Otto. \* 25.09.1914. Dr. rer. nat. o. Prof. Geophysik. Clausthal. **oM** 1973–heute. **24** (1974) 154.
- Roth** Walter. \* 30.12.1873 † 30.03.1950. Dr. phil. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **kM** 1944–50. **2** (1950) 141, **21** (1969) 91.
- Schaller** Friedrich. \* 30.08.1920. Dr. rer. nat. Dr. h. c. o. Prof. Zoologie. Braunschweig/Wien. **oM** 1964–66, **kM** 1967–heute. **21** (1969) 183.
- Scheibe** Adolf. \* 09.03.1895 † 20.04.1958. Dr. phil. Hon. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1957–58. **10** (1958) 214, **21** (1969) 93.
- Schimank** Hans. \* 17.03.1888 † 25.08.1979. Dr. phil. Dr. phil. nat. h. c. Hon. Prof. Naturgeschichte. Hamburg. **oM** 1946–51, **kM** 1952–79. **13** (1961) 219, **21** (1969) 185.
- Schmitz** Rudolf. \* 17.02.1918 † 14.05.1992. Dr. phil. o. Prof. Pharmazie. Marburg. **kM** 1979–92.
- Schoeller** Walter. \* 17.11.1880 † 25.07.1965. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. Dr. med. h. c. ao. Prof. Chemie. Konstanz. **kM** 1960–65. **21** (1969) 96.
- Schönfeld** Hans. Siehe Klasse für Ingenieurwissenschaften.
- Schottky** Walter. \* 23.07.1886 † 04.03.1976. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. (Darmstadt) Dr. rer. nat. h. c. (Berlin) Dr. rer. techn. E. h. (Zürich) o. Prof. Physik. Erlangen. **kM** 1975–76. **21** (1969) 44.
- Schottlaender** Stefan. \* 15.01.1928 † 03.10.1991. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. o. Prof. Mathematik. Clausthal. **oM** 1976–91. **J 1976/2** 46.
- Schügerl** Karl. \* 22.06.1927. Dipl.-Chem. Ing. Dr. rer. nat. Dr. h. c. o. Prof. Chemie. Hannover. **oM** seit 1988. **J 1988** 293.
- Schultze** Georg. \* 25.09.1903 † 18.06.1970. Dipl.-Chem. Dr. phil. o. Prof. Chemie. Hannover. **oM** 1944–70. **21** (1969) 195, **24** (1974) 156.
- Schumacher** Hans-Joachim. \* 23.09.1904 † 25.08.1985. Dipl.-Chem. Dr. phil. Dr. h. c. o. Prof. Chemie. LaPlata (Argent.). **kM** 1969–85. **22** (1970) 315.

- Schumann** Hilmar. \* 08.11.1902. Dr. phil. o. Prof. Mineralogie. Braunschweig. **oM** 1964–heute. **21** (1969) 196.
- Schwab** Klaus. \* 20.05.1933. Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. Prof. C 4. Geologie. Clausthal. **oM** 1988–heute. **J 1988** 294.
- Schwink** Christoph. \* 20.03.1928. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1983–heute. **J 1983** 108.
- Scriba** Christoph. \* 06.10.1929. Dr. rer. nat. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Hamburg. **kM** 1988–heute.
- Stahl** Wolfgang. \* 17.08.1935. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Prof. BGR. Geowissenschaften. Hannover. **oM** 1986–heute. **J 1986** 235.
- Steudel** Andreas. \* 17.02.1925. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Physik. Hannover. **oM** 1968–heute. **21** (1969) 198.
- Stille** Ulrich. \* 23.01.1910 † 07.03.1976. Dr. phil. apl. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1970–76. **1** (1949) 164, **22** (1970) 316, **28** (1977) 191.
- Suhrmann** Rudolf. \* 09.03.1895 † 21.09.1971. Dr. rer. techn. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Chemie. Braunschweig/Hannover. **oM** 1950–64, **kM** 1965–71. **2** (1950) 225, **21** (1969) 199, **24** (1973) 160.
- Taubert** Rolf. \* 18.02.1924 † 08.01.1976. Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. apl. Prof. Physik. Braunschweig. **oM** 1969–76. **22** (1970) 318, **28** (1977) 189.
- Tietz** Horst. \* 11.03.1921. Dr. phil. o. Prof. Mathematik. Hannover. **oM** 1976–heute. **J 1976/2** 47.
- Tóth** László Fejes. \* 12.03.1915. Dr. rer. nat. Prof. Mathematik. Budapest. **kM** 1977–heute. **27** (1977) 26.
- Unsöld** Albrecht. \* 20.04.1905. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. Dr. rer. nat. h. c. D.Sc. h. c. o. Prof. Astrophysik. Kiel. **oM** 1946–51, **kM** 1952–heute. **21** (1969) 204.
- Vollmar** Roland. \* 01.11.1939. Dipl.-Math. Dr.-Ing. o. Prof. Informatik. Braunschweig. **oM** 1986–heute. **J 1986** 235.
- Voronkov** Michail. \* 06.12.1921. Dr. rer. nat. Dr. h. c. Prof. Chemie. Irkutsk. **kM** 1975–heute. **J 1975/2** 33.
- Wagner** Carl. \* 25.05.1901 † 10.12.1977. Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. (Darmstadt) Dr.-Ing. E. h. (Clausthal). o. Prof. Chemie. Göttingen. **kM** 1974–77. **21** (1969) 46.
- Wannagat** Ulrich. \* 31.05.1923. Dipl.Chem. Dr. rer. nat. Dr. techn. h. c. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1968–heute. **21** (1969) 207.
- Weinert** Hans Joachim. \* 26.01.1927. Dipl.-Math. Dr. phil. o. Prof. Mathematik. Clausthal. **oM** 1986–heute. **J 1986** 236.
- Welling** Herbert. \* 01.09.1929. Dr. rer. nat. o. Prof. Physik. Hannover. **oM** 1982–heute. **J 1982** 73.
- Willerding** Ulrich. \* 08.07.1932. Dr. rer. nat. apl. Prof. Botanik. Göttingen. **oM** 1985–heute. **J 1985** 152.
- Winterfeldt** Ekkehard. \* 13.05.1932. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. Dr. h. c. o. Prof. Chemie. Hannover. **oM** 1983–heute. **J 1983** 104.
- Witting** Hermann. \* 29.05.1927. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. Dr. rer. nat. h. c. o. Prof. Mathematik. Freiburg/Brsg. **kM** 1991–heute.
- Zenneck** Jonathan. \* 15.04.1871 † 08.04.1959. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Physik. München. **kM** 1944–59. **11** (1959) 128, **21** (1969) 98.
- Zinner** Gerwalt. \* 30.09.1924. Dipl.-Chem. Dr. phil. o. Prof. Chemie. Braunschweig. **oM** 1971–heute. **22** (1970) 320.

Insgesamt 109 Mitglieder, davon verstorben oder ausgeschieden 48.

### Klasse für Ingenieurwissenschaften

- Albareda y Herrera** José Maria. \* 15.04.1902 † 27.03.1966. Dr. Dr. h. c. o. Prof. Mineralogie. Madrid. **kM** 1955–66.
- Baehr** Hans Dieter. \* 24.06.1928. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Thermodynamik. Hannover. **oM** 1983–heute. **J** 1983 108.
- Bammert** Karl. \* 13.12.1908 † 17.07.1988. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. o. Prof. Strömungsmaschinen. Hannover. **oM** 1976–88. **4** (1952) 301, **J** 1976 43.
- Batel** Wilhelm. \* 03.11.1922. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. apl. Prof. Verfahrenstechnik. Braunschweig. **oM** 1977–heute. **J** 1977 31.
- Beneking** Heinz. \* 28.03.1924. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Halbleitertechnik. Aachen. **kM** 1985–heute. **J** 1984 111.
- Blenk** Hermann. \* 09.12.1901. Dr. phil. o. Prof. Mechanik. Braunschweig. **oM** 1944–heute. **1** (1949) 162, **21** (1969) 100.
- Bohnet** Matthias. \* 20.07.1933. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verfahrenstechnik. Braunschweig. **oM** 1984–heute. **J** 1984 119.
- Bosch** Firmin-Maurits. \* 27.03.1914 ausgeschieden 1986. Dr. ir. o. Prof. Techn. Chemie. Gent (Belgien). **kM** 1977–86. **J** 1977 (2) 44.
- Bosnjaković** Fran. \* 12.01.1902 † 01.10.1993. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. (Aachen) Dr. h. c. (Zagreb). o. Prof. Wärmetechnik. Braunschweig/Stuttgart. **oM** 1958–60, **kM** 1961–93. **21** (1969) 105.
- Bretthauer** Karlheinz. \* 05.03.1922. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Elektrotechnik. Clausthal. **oM** 1985–heute. **J** 1985 149.
- Busemann** Adolf. \* 20.04.1901 † 03.11.1986. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. rer. nat. h. c. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Aerodynamik. Boulder (Color./USA). **oM** 1944–53, **kM** 1954–86. **21** (1969) 108.
- Carafoli** Elie. \* 15.09.1901 † 24.10.1983. Dipl.-Ing. Dr. ès Sci. Prof. Aerogasdynamik. Bukarest. **kM** 1974–83. **22** (1970) 295.
- Dizioglu** Bekir. \* 13.12.1920. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Getriebelehre. Braunschweig. **oM** 1975–heute.
- Engel** Ludolf. \* 25.12.1896 † 06.05.1972. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Maschinenwesen. Clausthal. **oM** 1963–72. **21** (1969) 112, **25** (1975) 127.
- Erdmann-Jesnitzer** Friedrich. \* 03.05.1912 † 08.07.1990. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. ir. h. c. o. Prof. Werkstoffkunde. Hannover. **oM** 1978–90. **J** 1978 (2) 64. **J** 1992 175.
- Flachsbart** Otto. \* 26.02.1898 † 23.09.1957. Dr.-Ing. o. Prof. Mechanik. Hannover. **oM** 1953–57. **21** (1969) 62.
- Flügel** Gustav. \* 04.09.1885 ausgeschieden 1966. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Strömungsmaschinen. Hannover. **kM** 1963–66.
- Föppl** Otto. \* 06.04.1885 † 19.03.1963. Dr.-Ing. ao. Prof. Schwingungstechnik. Braunschweig. **oM** 1946–63. **21** (1969) 63.
- Funke** Paul. \* 05.02.1930. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Werkstoffumformung. Clausthal. **oM** 1976–heute. **J** 1976 44.
- Gersten** Klaus. \* 22.08.1929. Dipl.-Math. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. E.h. o. Prof. Strömungsdynamik. Bochum. **kM** 1971–heute. **23** (1972) 348.
- Görtler** Henry. \* 26.10.1909 † 31.12.1987. Dr. phil. L.L.D. h. c. o. Prof. Mathematik. Freiburg. **kM** 1975–87. **21** (1969) 49.

- Grigull Ulrich.** \* 12.03.1912. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Thermodynamik. München. **kM** 1978–heute. **J** 1978 (2) 69.
- Groth Klaus.** \* 08.12.1923. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Kolbenmaschinen. Hannover. **oM** 1977–heute. **J** 1977 32.
- Grumbrecht Alfred.** \* 28.05.1888 † 08.08.1949. Dr.-Ing. o. Prof. Bergbau. Clausthal. **oM** 1943–49. **2** (1950) 205, **21** (1969) 70.
- Haeßner Frank.** \* 06.01.1927. Dr. rer. nat. o. Prof. Werkstoffkunde. Braunschweig. **oM** 1989–heute. **J** 1989 254.
- Hausen Helmuth.** \* 16.11.1895 † 27.01.1987. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Verfahrenstechnik. Hannover. **oM** 1953–82, **kM** 1983–87. **21** (1969) 124, **J** 1987 275.
- Hedvall Johan Arvid.** \* 18.01.1888 † 24.12.1974. Dr. phil. Dr. h. c. (Straßburg) Dr. h. c. (Sofia) Dr. h. c. (Brüssel) Dr. techn. h. c. (Graz) Dr.-Ing. E. h. (Stuttgart) Dr.-Ing. E. h. (Prag) Dr. h. c. (Uppsala) o. Prof. Chemie. Göteborg. **kM** 1955–74. **2** (1950) 67, **21** (1969) 28, **28** (1977) 187.
- Hennicke Hans Walter.** \* 22.01.1927 † 10.10.1993. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. o. Prof. Keramik. **oM** 1971–93. **22** (1970) 304.
- Hofmann Wilhelm.** \* 23.02.1903 † 16.11.1965. Dr. phil. Dr.-Ing. habil. o. Prof. Werkstoffkunde. Braunschweig. **oM** 1952–65. **1** (1949) 162, **18** (1966) 180, **21** (1969) 74.
- Houdremont Edouard.** \* 19.05.1896 ausgeschieden 1957. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Eisenhüttenkunde. Aachen. **kM** 1953–57.
- Illies Kurt.** \* 18.11.1906 † . 03.1987. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Schiffsmaschinen. Hannover. **oM** 1963–71, **kM** 1972–87. **21** (1969) 134.
- Jeschar Rudolf.** \* 17.06.1930. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h. c. o. Prof. Wärmetechnik. Clausthal. **oM** 1974–heute. **24** (1974) 146.
- Johannsen Friedrich.** \* 17.09.1897 † 05.05.1983. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Metallhüttenwesen. Clausthal. **oM** 1953–66, **kM** 1967–83. **21** (1969) 137, **J** 1988 253.
- Jordan Heinz.** \* 29.05.1906 † 27.07.1982. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. ir. h. c. o. Prof. Elektromaschinen. Hannover. **oM** 1963–75, **kM** 1976–82. **21** (1969) 138.
- Justi Eduard.** \* 30.05.1904 † 16.12.1986. Dr. phil. o. Prof. Technische Physik. Braunschweig. **oM** 1946–86. **1** (1949) 163, **21** (1969) 139, **J** 1987 279.
- Kienzle Otto.** \* 12.10.1893 † 14.10.1969. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. (Aachen) Dr. rer. techn. h. c. (Wien). o. Prof. Werkzeugmaschinen. Hannover/Stuttgart. **oM** 1958–61, **kM** 1962–69. **21** (1969) 77, **23** (1972) 354.
- Kind Dieter.** \* 05.10.1929. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Hochspannungstechnik. Braunschweig. **oM** 1976–heute. **J** 1976 45.
- Kirschstein Friedrich.** \* 17.01.1904 † 23.03.1970. Dr.-Ing. o. Prof. Fernmeldetechnik. Braunschweig. **kM** 1965–70. **21** (1969) 78, **22** (1970) 325.
- Kloth Willi.** \* 08.11.1891 † 11.09.1967. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. apl. Prof. Landtechnik. Braunschweig. **oM** 1950–67. **20** (1968) 277, **21** (1969) 79.
- Koessler Paul.** \* 19.06.1896 † 15.07.1987. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Fahrzeugtechnik. Braunschweig. **oM** 1944–87. **21** (1969) 146, **J** 1988 285.
- Koppe Heinrich.** \* 26.03.1891 † 09.11.1963. Dr. phil. o. Prof. Meteorologie. Braunschweig. **oM** 1944–63. **15** (1963) 200, **21** (1969) 81.
- Krämer Bernhard.** \* 14.05.1882 ausgeschieden 1974. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Bergbau. Helmstedt. **kM** 1944–74. **21** (1969) 150.
- Kröner Ekkehart.** \* 17.11.1919. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Physik. Clausthal/Stuttgart. **oM** 1963–69, **kM** 1970–heute. **21** (1969) 153.

- Krüger** Gerhard. \* 04.07.1904 † 24.06.1990. Dipl.-Ing. Dr. rer. techn. o. Prof. Betriebswirtschaftslehre. Clausthal/Karlsruhe. **oM** 1947–57, **kM** 1958–90. **21** (1969) 155.
- Lautz** Günter. \* 15.11.1923. Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. o. Prof. Elektrophysik. Braunschweig. **oM** 1967–heute. **21** (1969) 157.
- Leilich** Hans-Otto. \* 28.11.1925. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Datenverarbeitungsanlagen. Braunschweig. **oM** 1986–heute. **J 1986** 237.
- Leonhard** Werner. \* 25.05.1926. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h. c. o. Prof. Regelungstechnik. Braunschweig. **oM** 1978–heute. **J 1978** 48.
- Leschonski** Kurt. \* 17.12.1930. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Verfahrenstechnik. Clausthal. **oM** 1985–heute. **J 1985** 154.
- Lighthill** Sir Michael James. \* 23.01.1924. Ph.D. Sc. D. Lucasian Prof. F.R.S. Hon. D. Sc. (Liverpool 1961, Leicester 1965, Strathclyde 1966, Essex 1967, Princeton 1967, East Anglia 1968, Manchester 1968, Bath 1969, St. Andrews 1969, Surrey 1969, Cranfield 1974, Paris 1975, Aachen 1975, Rensselaer 1980, Leeds 1983, Brown 1984, Southern California 1984). Mathematik. Cambridge (Engl.)/London. **kM** 1975–84. **25** (1975) 141.
- Löhner** Kurt. \* 03.02.1900 † 11.08.1978. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Kolbenmaschinen. Braunschweig. **oM** 1946–78. **21** (1969) 160.
- Luther** Horst. \* 20.02.1913 † 25.05.1970. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Brennstofftechnik. Clausthal. **oM** 1967–70. **1** (1949) 163, **21** (1969) 161.
- Lutz** Otto. \* 08.04.1906 † 02.05.1974. Dr.-Ing. o. Prof. Maschinenelemente. Braunschweig. **oM** 1959–74. **21** (1969) 162, **25** (1975) 131.
- Mahrenholtz** Oskar. \* 17.05.1931. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Mechanik. Hannover/Hamburg-Harburg. **oM** 1977–heute. **J 1977** 32.
- Marx** Claus. \* 21.08.1931. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Tiefbohrkunde. Clausthal. **oM** 1985–heute. **J 1985** 153.
- Marx** Erwin. \* 15.02.1893 † 11.01.1980. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. (Hannover) Dr.-Ing. E. h. (Dresden) o. Prof. Hochspannungstechnik. Braunschweig. **oM** 1943–80. **21** (1969) 163.
- Matthies** Hans-Jürgen. \* 06.11.1921. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Landmaschinentechnik. Braunschweig. **oM** 1974–heute. **24** (1974) 150.
- Mayinger** Franz. \* 02.09.1931. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verfahrenstechnik. Hannover/München. **oM** 1978–81, **kM** 1982–heute. **J 1978** 47.
- Mitschke** Manfred. \* 05.05.1929. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Fahrzeugtechnik. Braunschweig. **oM** 1974–heute. **24** (1974) 152.
- Musmann** Hans Georg. \* 14.08.1935. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Nachrichtentechnik. Hannover. **oM** 1983–heute. **J 1983** 109.
- Niemann** Gustav. \* 09.02.1899 † 01.01.1982. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Maschinenelemente. Braunschweig/München. **oM** 1946–53, **kM** 1954–82. **21** (1969) 168.
- Oelsen** Willy. \* 11.09.1905 † 25.07.1970. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. (Freiberg/Sa.) Dr. mont. h. c. (Leoben) o. Prof. Eisenhüttenwesen. Clausthal/Düsseldorf. **oM** 1952–59, **kM** 1960–70. **21** (1969) 171.
- Pahlitzsch** Gotthold. \* 19.04.1903 † 30.11.1992. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Werkzeugmaschinen. Braunschweig. **oM** 1944–92. **21** (1969) 173.
- Pestel** Eduard. \* 29.05.1914 † 19.09.1988. Dr.-Ing. Dr. Eng. h. c. o. Prof. Mechanik. Hannover. **oM** 1959–88. **21** (1969) 175, **J 1988** 277.

- Pfleiderer** Carl. \* 03.07.1881 † 07.08.1960. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Strömungsmaschinen. Braunschweig. **oM** 1944–60. **12** (1960) 231, **21** (1969) 85.
- Pritschow** Karl. \* 20.06.1874 † 11.11.1956. Dipl.-Ing. Chefkonstrukteur. Physik. Braunschweig. **oM** 1946–56. **21** (1969) 87.
- Pungs** Leo. \* 06.08.1883 † 16.02.1979. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Hochfrequenztechnik. Braunschweig. **oM** 1944–79. **1** (1949) 163, **21** (1969) 179.
- Rögner** Heinz. \* 20.09.1913. Dr. phil. o. Prof. Thermodynamik. Hannover. **oM** 1976–heute. **J** 1976 44.
- Ruge** Jürgen. \* 14.05.1921. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Schweißtechnik. Braunschweig. **oM** 1974–93, **kM** 1993–heute. **24** (1974) 155.
- Rummel** Theodor. \* 30.05.1910 † 09.06.1992. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Elektrowärme. Hannover. **oM** 1969–92. **22** (1970) 314.
- Schaefer** Hermann. \* 16.06.1907 † 07.11.1969. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Technische Mechanik. Braunschweig. **oM** 1944–69. **3** (1951) 299, **21** (1969) 92, **22** (1970) 321.
- Schlichting** Hermann. \* 22.09.1907 † 15.06.1982. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Strömungstechnik. Braunschweig. **oM** 1944–82. **3** (1951) 299, **21** (1969) 187, **J** 1984 115.
- Schlitt** Herbert. \* 09.06.1929. Dipl.-Phys. Dr. phil. nat. o. Prof. Regelungstechnik. Hannover/Erlangen. **oM** 1965–69, **kM** 1970–heute. **21** (1969) 188.
- Schmidt** Ernst. \* 11.02.1892 † 22.01.1975. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. rer. nat. h. c. LL. D. h. c. (Glasgow). o. Prof. Thermodynamik. Braunschweig/München. **oM** 1943–52, **kM** 1953–75. **1** (1949) 163, **21** (1969) 193, **26** (1976) 161.
- Schmitz** Otto. \* 10.01.1879 † 13.05.1965. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Werkstoffkunde. Braunschweig. **oM** 1946–65. **18** (1966) 175, **21** (1969) 95.
- Schönfeld** Hans. \* 21.06.1903 † 08.12.1978. Dipl.-Ing. o. Prof. Fernmeldetechnik. Braunschweig/Hannover. **oM** 1962–78 (zuvor Kl. Naturw. 1956–61). **21** (1969) 194.
- Schönfelder** Helmut. \* 03.04.1926. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Nachrichtentechnik. **oM** 1981–heute. **J** 1981 20.
- Schwerdtfeger** Klaus. \* 16.09.1934. Dipl.-Ing. Prof. C 4 Metallurgie. Clausthal. **oM** 1985–heute. **J** 1985 152.
- Sewig** Rudolf. \* 05.06.1904 † ...08.1972. Dr. phil. apl. Prof. Physik. Braunschweig/Wiesbaden. **oM** 1953, **kM** 1954–72.
- Steck** Elmar. \* 11.07.1935. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Mechanik. Braunschweig, **oM** 1993–heute.
- Strutt** Maximilian. \* 02.10.1903. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Elektrotechnik. Zürich. **kM** 1955–heute. **21** (1969) 33.
- Thoma** Manfred. \* 24.02.1929. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h. c. Dr. h. c. o. Prof. Regelungstechnik. Hannover. **oM** 1978–heute. **J** 1978 48.
- Tischner** Horst. \* 09.12.1901 † 12.01.1982. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Elektrotechnik. Hannover. **oM** 1968–70, **kM** 1971–82. **21** (1969) 200.
- Tönshoff** Hans Kurt. \* 14.05.1934. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Fertigungstechnik. Hannover. **oM** 1984–heute. **J** 1984 119.
- Trömel** Gerhard. \* 08.01.1907 † 11.10.1973. Dr. phil. o. Prof. Eisenhüttenwesen. Clausthal. **oM** 1968–73. **21** (1969) 201, **25** (1975) 129.
- Truckenbrodt** Erich. \* 01.02.1917. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Technische Mechanik. München. **kM** 1971–heute. **4** (1952) 302, **23** (1972) 352.
- Unger** Franz. \* 19.01.1882 † 30.03.1975. Dipl.-Ing. Dr. techn. o. Prof. Elektromaschinenbau. Braunschweig. **oM** 1943–74. **1** (1949) 164, **21** (1969) 202.



- Unger** Hans-Georg. \* 14.09.1926. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. (München) Dr. h. c. (Ulm) Dr.-Ing. E. h. (Hamburg/Harburg). o. Prof. Höchstfrequenztechnik. Braunschweig. oM 1965–heute. **21** (1969) 203.
- Vieweg** Richard. \* 25.04.1896 † 20.10.1972. Dr. rer. techn. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Physik. Braunschweig. oM 1952–60, kM 1961–72. **21** (1969) 205, **21** (1974) 164.
- Vogelpohl** Georg. \* 15.07.1900 † 09.03.1975. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. apl. Prof. Strömungsfor- schung. Göttingen. kM 1963–75. **21** (1969) 206, **25** (1975) 138.
- Wassermann** Günter. \* 19.09.1902 † 30.09.1986. Dipl.-Chem. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Metallkunde. Clausthal. oM 1954–79, kM 1980–86. **21** (1969) 208, **J 1987** 271.
- Weh** Herbert. \* 01.03.1928. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Elektromaschinen. Braunschweig. oM 1971–heute. **23** (1972) 353.
- Weinblum** Georg. \* 22.01.1897 † 04.04.1974. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. (Berlin) Dr. techn. h. c. (Wien) D. Eng. h. c. (Michigan). o. Prof. Schiffbau. Hamburg. kM 1963–74. **21** (1969) 209, **26** (1976) 159.
- Wincierz** Peter. \* 04.05.1930 † 22.04.1988. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Hon. Prof. Metallkunde. Clausthal. kM 1983–88.
- v. Zabeltitz** Christian. \* 07.08.1932. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Gartenbautechnik. oM 1984–heute. **J 1984** 120.

Insgesamt 94 Mitglieder, davon verstorben oder ausgeschieden 56.

### Klasse für Bauwissenschaften

- Albrecht** Jürgen. \* 08.04.1905 † 19.05.1962. Dr.-Ing. o. Prof. Städtebau. Braunschweig. oM 1961–62. **14** (1962) 344, **21** (1969) 52.
- Arndt** Hermann. \* 15.12.1885 † 08.06.1963. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. ao. Prof. Eisenbahnwesen. Braunschweig. oM 1950–51, kM 1952–63. **15** (1963) 203, **21** (1969) 53.
- Billib** Herbert. \* 21.10.1904. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. nat. techn. h. c. o. Prof. Wasserwirt- schaft. Hannover. oM 1965–heute. **21** (1969) 99.
- Bjerhammar** Arne. \* 15.09.1917. Dr. tekn. Prof. Geodäsie. Stockholm. kM 1974–heute. **21** (1969) 51.
- Bodemüller** Hellmut. \* 15.08.1907 † 25.03.1965. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Geodäsie. Braunschweig/Darmstadt. oM 1958–60, kM 1961–65. **17** (1965) 251, **21** (1969) 57.
- Brüning** Kurt. \* 27.11.1897 † 14.08.1961. Dr. phil. ao. Prof. Landesplanung. Hannover. oM 1954–61. **13** (1961) 216, **21** (1969) 58.
- Buchwald** Konrad. \* 16.02.1914. Dr. phil. nat. o. Prof. Landschaftspflege. Hannover. oM 1972–heute.
- Duddeck** Heinz. \* 14.05.1928. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Statik. Braunschweig. oM 1971–heute. **23** (1972) 347.
- Esslinger** Maria. \* 04.03.1913. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. apl. Prof. Statik. Braunschweig. oM 1978–heute. **J 1978** (2) 65.
- Flesche** Hermann. \* 21.10.1886 † 04.01.1972. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Bau- und Kunst- geschichte. Braunschweig. oM 1944–72. **21** (1969) 113, **23** (1972) 358.
- Frohne** Edmund. \* 22.06.1891 † 08.08.1971. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. (München) Dr. rer. pol. h. c. (Köln) Hon. Prof. Eisenbahnwesen. Braunschweig/Frankfurt a. M. oM 1943–53, kM 1954–71. **21** (1969) 114, **23** (1972) 363.

- Führböter** Alfred. \* 26.03.1931 † 19.05.1992. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Hydromechanik. Braunschweig. oM 1989–92. **J 1989** 254.
- Garbrecht** Günther. \* 01.10.1925. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. Sc. h. c. o. Prof. Wasserwirtschaft. Braunschweig. oM 1974–84, **kM** 1985–heute.
- Gerke** Karl. \* 10.08.1904. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Geodäsie. Braunschweig. oM 1965–heute. **21** (1969) 116.
- Gerstenberg** Fritz. \* 29.08.1881 † 28.12.1963. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Eisenbahnwesen. Braunschweig. oM 1943–63. **15** (1963) 203, **21** (1969) 69.
- Göderitz** Johannes. \* 24.05.1888 † 27.03.1978. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Hon. Prof. Städtebau. Braunschweig. oM 1946–76. **21** (1969) 118, 120, **29** (1978) 140.
- Grabe** Walter. \* 24.10.1921 ausgeschieden 1986. Dr.-Ing. o. Prof. Verkehrswirtschaft. Hannover/Hamburg. oM 1975–76, **kM** 1977–86.
- Grossmann** Walter. \* 06.04.1897 † 13.10.1980. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Geodäsie. Hannover. oM 1959–80. **21** (1969) 121, **32** (1981) 187.
- Habekost** Heinrich. \* 21.02.1911. Dipl.-Ing. o. Prof. Städtebau. Braunschweig. oM 1969–84, **kM** 1985–heute. **22** (1970) 303.
- Hake** Günter. \* 27.05.1922. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. o. Prof. Topographie. Hannover. oM 1978–heute. **J 1978** (1) 50.
- Harbert** Egbert. \* 25.11.1882 † 22.01.1968. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Geodäsie. Braunschweig. oM 1946–68. **20** (1968) 282, **21** (1969) 71.
- Hecht** Konrad. \* 12.08.1918 † 25.05.1980. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Baugeschichte. Braunschweig. oM 1961–80. **21** (1969) 125, **32** (1981) 190.
- Henn** Walter. \* 20.12.1912. Dr.-Ing. Dr. techn., h. c. o. Prof. Industriebau. Braunschweig. oM 1959–heute. **21** (1969) 127.
- Hensen** Walter. \* 15.08.1901 † 03.09.1973. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Wasserbau. Hannover. oM 1954–73. **21** (1969) 128, **24** (1974) 173.
- Herrenberger** Justus. \* 27.05.1920. Dr.-Ing. o. Prof. Baukonstruktion. Braunschweig. oM 1980–heute. **J 1980** (1) 30.
- Hoeltje** Georg. \* 16.03.1906. Dr. phil. o. Prof. Bau- und Kunstgeschichte. Hannover. oM 1959–heute. **21** (1969) 131.
- Hofmann** Wilhelm. \* 06.07.1910. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Baukonstruktion. Hannover. oM 1971–81, **kM** 1982–heute. **22** (1970) 305.
- Höpcke** Walter. \* 19.08.1908. Dr.-Ing. o. Prof. Vermessungskunde. Hannover. oM 1968–heute. **21** (1969) 132.
- Jensen** Herbert. \* 27.10.1900 † 22.03.1968. Dipl.-Ing. o. Prof. Städtebau. Braunschweig. oM 1963–68. **20** (1968) 284, **21** (1969) 76.
- Kehr** Dietrich. \* 31.10.1901 † 07.04.1979. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. o. Prof. Siedlungswasserwirtschaft. Hannover. oM 1963–79. **21** (1969) 141.
- Kistenmacher** Hans. \* 08.07.1934. Dipl.-Volkswirt Dr. rer. pol. o. Prof. Landesplanung. Hannover/Kaiserslautern. oM 1973–76, **kM** 1977–heute. **24** (1974) 147.
- Klöppel** Kurt. \* 15.09.1901 † 13.08.1985. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Statik. Darmstadt. **kM** 1974–85. **21** (1969) 42. **13** (1961) 217.
- Konecny** Gottfried. \* 17.06.1930. M. Sc. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h. c. o. Prof. Photogrammetrie. Hannover. oM 1983–heute. **J 1983** 110.
- Kordina** Karl. \* 07.08.1919. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Baustoffkunde. Braunschweig. oM 1966–heute. **21** (1969) 148.

- Kracke Rolf.** \* 11.05.1932. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verkehrswesen. Hannover. oM 1976–84, kM 1985–heute. **J 1976** (2) 45.
- Kraemer Friedrich-Wilhelm.** \* 10.05.1907 † 18.04.1990. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Gebäudelehre. Braunschweig/Köln. oM 1947–73, kM 1974–90. **21** (1969) 151.
- Kraetzig Wilfried.** \* 08.11.1932. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Ingenieurbau. Bochum. kM 1991–heute. **J 1991** 215–221, 239.
- Kristen Theodor.** \* 11.06.1888 † 07.12.1976. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Baustoffkunde. Braunschweig. oM 1944–76. **1** (1949) 163, **21** (1969) 152, **31** (1980) 149.
- Lagershausen Hermann.** \* 11.12.1901 † 18.11. 1977. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verkehrswesen. Braunschweig. oM 1958–77. **21** (1969) 156.
- Lehmann Gerhard.** \* 25.10.1907 † 27.06.1986. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Photogrammetrie. Hannover. oM 1964–86. **21** (1969) 158. **J 1987** 280–83.
- Leichtweiss Ludwig.** \* 05.04.1878 † 11.07.1958. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Wasserbau. Braunschweig. oM 1944–58. **21** (1969) 82.
- Lendholt Werner.** \* 11.02.1912 † 25.08.1980. Dipl.-Gärtner o. Prof. Gartenarchitektur. oM 1972–80. **24** (1974) 148.
- Massute Erwin.** \* 31.05.1898 † 04.10.1974. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verkehrswesen. Hannover. oM 1959–74. **21** (1969) 164, **25** (1975) 135.
- Mecke Wilhelm.** \* 12.08.1907. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Straßenbau. Braunschweig. oM 1963–heute. **21** (1969) 166.
- Möller Dietrich.** \* 18.12.1927. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Vermessungskunde. Braunschweig. oM 1981–heute. **J 1981** (2) 22.
- Moritz Helmut.** \* 01.11.1933. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Geodäsie. Graz. kM 1977–heute. **27** (1977) 28.
- Müller Leopold.** \* 09.01.1908 † 01.08.1988. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. mont. h.c. Hon. Prof. Felsmechanik. Salzburg. kM 1983–88. **J 1983** 81, 99. **J 1988** 275.
- Natke Hans-Günther.** \* 09.05.1933. Dipl.-Math. Dr. rer. nat. o. Prof. Schall- und Meßtechnik. Hannover. oM 1985–heute. **J 1985** 149.
- Partenscky Hans-Werner.** \* 03.04.1926. Dipl.-Ing. Dr. sci. phys. Dr.-Ing. Dr. h.c. o. Prof. Küsteningenieurwesen. Hannover. oM 1981–heute. **J 1981** (2) 21.
- Pelzer Hans.** \* 20.01.1936. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Vermessungskunde. Hannover. oM 1989–heute. **J 1989** 255.
- Petersen Julius.** \* 16.06.1883 † 06.04.1969. Dipl.-Ing. o. Prof. Baukonstruktion. Braunschweig. oM 1943–69. **21** (1969) 84, 487.
- Pflüger Alf.** \* 17.07.1912 † 22.10.1989. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Statik. Hannover. oM 1957–89. **21** (1969) 176. **J 1990** 172.
- Pieper Klaus.** \* 27.05.1913. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. o. Prof. Hochbaustatik. Braunschweig. oM 1971–82, kM 1983–heute. **22** (1970) 311.
- Pierick Klaus.** \* 19.02.1928. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Verkehrswesen. Braunschweig. oM 1978–92, kM 1993–heute. **J 1978** (2) 68.
- Press Heinrich.** \* 31.12.1901 † 14.08.1968. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. (Braunschweig) Dr. techn. h.c. (Wien) Dott. ing. h.c. (Bologna) Dr. h.c. (Toulouse) Dr. h.c. (La Paz) Dr. h.c. (Peru) Hon. Prof. (Pennsylvania, USA) Hon. Prof. (La Paz, Bolivien) o. Prof. (TU Berlin). Wasserbau. Berlin. kM 1963–68. **21** (1969) 86.
- Raven Werner.** \* 05.08.1884 † 13.12.1960. Dipl.-Ing. o. Prof. Straßenbau. Braunschweig. oM 1944–60. **13** (1961) 214, **21** (1969) 89.

- Renard** Walter. \* 12.05.1904. Dipl.-Ing. o. Prof. Gartenbautechnik. Hannover. **oM** 1966–heute. **21** (1969) 182.
- Risch** Curt. \* 29.03.1879 † 17.10.1959. Dr.-Ing. o. Prof. Eisenbahnbau. Hannover. **oM** 1946–59. **21** (1969) 90.
- Rostasy** Ferdinand. \* 04.05.1932. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Baustoffkunde. Braunschweig. **oM** 1983–heute. **J 1983** 110.
- Rothert** Heinrich. \* 05.12.1938. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Prof. C 4. Statik. Hannover. **oM** 1986–heute. **J 1986** 237.
- Scheer** Joachim. \* 05.03.1927. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Stahlbau. Braunschweig. **oM** 1978–heute. **J 1978** (2) 66.
- Schlums** Johannes. \* 03.08.1903 † 20.02.1980. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Verkehrswesen. Hannover/Stuttgart. **oM** 1958–60, **kM** 1961–80. **21** (1969) 189.
- Schlyter** Ragnar. \* 03.09.1890 † 11.02.1954. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Handwerkskunde. Stockholm. **kM** 1949–54. **6** (1954) 305, **21** (1969) 94.
- Schönhöfer** Robert. \* 27.02.1878 † 19.01.1954. Dr. techn. o. Prof. Ingenieurbau. Braunschweig/München. **kM** 1944–54. **6** (1954) 303, **21** (1969) 96.
- Spengelin** Friedrich. \* 29.03.1925. Dipl.-Ing. o. Prof. Städtebau. Hannover. **oM** 1975–88, **kM** 1989–heute.
- Stein** Erwin. \* 05.07.1931. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Baumechanik. Hannover. **oM** 1978–heute. **J 1978** (2) 67.
- Stoy** Wilhelm. \* 1886 † 23.11.1958. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Holzbau. Braunschweig. **oM** 1943–58. **21** (1969) 97.
- Stracke** Ferdinand. \* 27.05.1935. Dipl.-Ing. o. Prof. Städtebau. Braunschweig. München. **oM** 1985–88, **kM** 1989–heute. **J 1985** 150.
- Tamms** Friedrich. \* 04.11.1904 † 04.07.1980. Dipl.-Ing. Dr. techn. h. c. o. Prof. Hochbau. Berlin/Düsseldorf. **kM** 1975–80. **24** (1974) 143.
- Thulesius** Daniel. \* 06.05.1889 † 03.04.1967. Dipl.-Ing. o. Prof. Raumgestaltung. Braunschweig. **oM** 1949–67. **19** (1967) 134, **21** (1969) 97.
- Torge** Wolfgang. \* 04.06.1931. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Geodäsie. Hannover. **oM** 1980–86, **kM** 1987–heute. **J 1980** (1) 31.
- Triebel** Wolfgang. \* 30.09.1900. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Hon. Prof. Bauforschung. Hannover. **oM** 1969–79, **kM** 1980–heute.
- Weimann** Günter. \* 06.06.1921. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Photogrammetrie. Braunschweig. **oM** 1985–heute.
- Wierig** Hans-Joachim. \* 22.06.1927. Dr.-Ing. o. Prof. Baustoffkunde. Hannover. **oM** 1983–heute. **J 1983** 111.
- Wolf** Helmut. \* 02.05.1910. Dr.-Ing. Dr. Sc. techn. h. c. (Zürich) Dr. phil. h. c. (Uppsala) Dr. h. c. (Yu) o. Prof. Geodäsie. Bonn. **kM** 1977–heute. **J 1977** (1) 33.
- Wortmann** Wilhelm. \* 15.03.1897. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. o. Prof. Städtebau. Hannover. **oM** 1958–heute. **21** (1969) 211.
- Zerna** Wolfgang. \* 11.10.1916. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Massivbau. Hannover/Bochum. **oM** 1963–70, **kM** 1971–heute. **21** (1969) 213.
- Zielke** Werner. \* 08.12.1937. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. o. Prof. Strömungsmechanik. Hannover. **oM** 1992–heute. **J 1992** 182.
- Zimmermann** Friedrich. \* 30.10.1902 † 31.05.1973. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. Ir. h. c. o. Prof. Wasserwirtschaft. Braunschweig. **oM** 1953–73. **21** (1969) 214, **24** (1974) 169.

Insgesamt 79 Mitglieder, davon verstorben 37.

### Klasse für Geisteswissenschaften

1949–52 Kulturwissenschaftliche Abteilung, 1953 Klasse für Geisteswissenschaften,  
1954–70 als Gruppe innerhalb der Klasse für Naturwissenschaften

- Beuermann** Arnold. \* 13.01.1924 † 15.03.1987. Dr. phil. o. Prof. Geographie. Braunschweig. **oM** 1969–87. **22** (1970) 300. **J 1988** 281.
- Beumann** Helmut. \* 23.10.1912. Dr. phil. Dr. phil. h. c. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Marburg. **kM** 1985–heute.
- Boeder** Heribert. \* 17.11.1928. Dr. phil. o. Prof. Philosophie. Braunschweig/Osnabrück. **oM** 1977–heute. **J 1977** (2) 43.
- Borst** Arno. \* 08.05.1925. Dr. phil. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Konstanz. **kM** 1986–heute. **J 1986** 201, 225.
- Burkert** Walter. \* 02.02.1931. Dr. phil. o. Prof. Philologie. Zürich. **kM** 1983–heute.
- Deckert** Hermann. \* 31.08.1899 † 11.11.1955. Dr. phil. o. Prof. Bau- und Kunstgeschichte. Hannover. **oM** 1951–55. **21** (1969) 59.
- Dörig** José. \* 21.02.1926. Dr. phil. o. Prof. Archäologie. Genf. **kM** 1981–heute. **J 1981** (2) 25.
- Ehlers** Joachim. \* 31.05.1936. Dr. phil. Prof. C 4. Geisteswissenschaften. Braunschweig/Berlin. **oM** 1983–93, **kM** 1993–heute. **J 1983** 105.
- Elbern** Viktor. \* 09.06.1918. Dr. phil. Hon. Prof. Kunstgeschichte. Berlin. **kM** 1983–heute.
- Fehl** Philip. \* 09.05.1920. M. A. Ph. D. Dr. phil. Prof. Kunstgeschichte. Urbana-Champaign (Ill./USA). **kM** 1991–heute.
- Gaiser** Konrad. \* 26.11.1929 † 03.05.1988. Dr. phil. o. Prof. Philologie. Tübingen. **kM** 1984–88.
- Ganz** Peter. \* 03.11.1920 ausgeschieden 1992. M. A. Ph. D. Hon. Prof. Literaturwissenschaften. Wolfenbüttel. **oM** 1986–92. **J 1986** 238.
- Garrigues** Marie-Odile. \* 09.05.1938. Dr. phil. Prof. Geschichtswissenschaften. Paris/Rom. **kM** 1983–heute.
- Gehlhoff** Wilhelm. \* 17.02.1889 † 15.05.1956. Dr. phil. o. Prof. Volkswirtschaftslehre. Braunschweig. **oM** 1946–56. **8** (1956) 182, **21** (1969) 67.
- Geiger** Theodor. \* 09.11.1891 † 16.06.1952. Dr. iur. o. Prof. Soziologie. Aarhus. **kM** 1949–52. **1** (1949) 162, **5** (1953) 199.
- Glockner** Hermann. \* 23.07.1896 † 11.07.1979. Dr. phil. o. Prof. Philosophie. Braunschweig. **oM** 1955–79. **21** (1969) 117, **31** (1980) 152.
- Goetting** Hans. \* 21.01.1911. Dr. phil. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Wolfenbüttel/Göttingen. **oM** 1959–66, **kM** 1967–heute. **21** (1969) 119.
- Gosebruch** Martin. \* 20.06.1919 † 17.09.1992. Dr. phil. Dr. phil. h. c. o. Prof. Kunstgeschichte. Braunschweig. **oM** 1971–92. **23** (1972) 349. **J 1992** 177.
- Gronau** Karl. \* 03.09.1895 † 06.11.1950. Dr. phil. apl. Prof. Philosophie. Braunschweig. **oM** 1950. **21** (1969) 70.
- Heffter** Heinrich. \* 17.05.1903 † 13.01.1975. Dr. phil. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Braunschweig. **oM** 1959–75. **21** (1969) 126, **28** (1977) 193.
- Henne** Helmut. \* 05.04.1936. Dr. phil. o. Prof. Germanistik. Braunschweig. **oM** 1982–heute. **J 1982** 74.
- Herse** Wilhelm. \* 30.04.1879 † 24.10.1965. Dr. phil. Hon. Prof. Bibliothekswesen. Wolfenbüttel. **oM** 1944–65. **18** (1966) 178, **21** (1969) 72.

- Herwig** Bernhard. \* 09.09.1893 † 07.01.1974. Dr. phil. o. Prof. Psychologie. Braunschweig. **oM** 1944–74. **21** (1969) 129.
- Heuser** Otto. \* 06.10.1896 † 11.08.1965. Dr. phil. o. Prof. Landwirtschaftslehre. Braunschweig/München. **oM** 1955–60, **kM** 1961–65. **18** (1966) 176, **21** (1969) 73.
- Hoppe** Karl. \* 21.10.1892 † 27.06.1973. Dr. phil. o. Prof. Literaturwissenschaften. Braunschweig. **oM** 1970–73. **22** (1970) 307, **26** (1976) 157.
- Hubala** Erich. \* 24.03.1920 † 08.01.1994. Dr. phil. o. Prof. Kunstgeschichte. Würzburg/München. **kM** 1989–94.
- Jesse** Wilhelm. \* 03.07.1887 † 11.01.1971. Dr. phil. ao. Prof. Volkskunde. Braunschweig. **oM** 1943–71. **1** (1949) 163, **21** (1969) 136, **23** (1972) 362.
- Kamp** Norbert. \* 24.08.1927. Dr. phil. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Braunschweig/Göttingen. **oM** 1979–heute. **J 1979** (2) 98.
- Killy** Walter. \* 26.08.1917. Dr. phil. o. Prof. Literaturwissenschaften. Wolfenbüttel/Göttingen. **oM** 1979–heute. **J 1979** (2) 99.
- Kleinau** Hermann. \* 14.07.1902 † 18.01.1978. Dr. iur. Archivwesen. Wolfenbüttel. **oM** 1965–78. **21** (1969) 145, **29** (1978) 137.
- Klibansky** Raymond. \* 15.10.1905. Dr. phil. Dr. phil. h. c. (Marburg) Dr. phil. h. c. (Montreal) o. Prof. Philosophie. Montreal/Oxford. **kM** 1991–heute. **J 1990** 161–167.
- König** Joseph. \* 24.09.1915. Dr. phil. Archivwesen. Wolfenbüttel. **oM** 1975–heute.
- Körner** Karl-Hermann. \* 08.03.1941 † 01.09.1992. Dr. phil. o. Prof. Romanistik. Braunschweig. **oM** 1990–92. **J 1990** 176.
- Lavrov** Sergej. \* 26.05.1928. Dr. (1. und 2. Stufe UdSSR) Prof. Geographie. Leningrad. **kM** 1988–heute.
- Lohse** Eduard. \* 19.02.1924. Dr. theol. Dr. theol. h. c. o. Prof. Theologie. Hannover/Göttingen. **kM** 1978–heute.
- Maurach** Gregor. \* 03.03.1932. Dr. phil. o. Prof. Latinistik. Braunschweig/Münster. **oM** 1981–heute. **J 1981** (2) 23.
- Meckseper** Cord. \* 29.10.1934. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Prof. C 4. Baugeschichte. **oM** 1991–heute. **J 1991** 246.
- Moessner** Karl-Eugen. \* 28.03.1903 † 20.09.1981. Dipl.-Volkswirt Dr. phil. Dr. rer. pol. Hon. Prof. Finanzwissenschaften. Hannover. **oM** 1949–81. **21** (1969) 167.
- Mohr** Hans-Heinrich. \* 01.06.1917. Dipl.-Volkswirt Dr. rer. pol. Versicherungswissenschaften. Braunschweig. **oM** 1975–heute.
- Mühe** Adolf. \* 14.07.1888 † 07.09.1950. Volksschulrektor. Pädagogik. Sondershausen. **oM** 1943–50. **21** (1969) 83.
- Müller** Gerhard. \* 10.05.1929. Dr. theol. Dr. theol. h. c. o. Prof. Theologie. Wolfenbüttel/Göttingen. **oM** 1986–heute. **J 1986** 239.
- Narkiss** Bezalel. \* 1926. M. A. Dr. phil. Prof. Kunstgeschichte. Jerusalem. **kM** 1984–heute.
- Neumann** Günter. \* 31.05.1920. Dr. phil. Dr. phil. h. c. o. Prof. Sprachwissenschaften. Würzburg. **kM** 1988–heute.
- Niemeier** Georg. \* 25.10.1903 † 22.03.1984. Dr. phil. o. Prof. Geographie. Braunschweig. **oM** 1959–66, **kM** 1967–84. **21** (1969) 169. **J 1988** 265.
- Niquet** Franz. \* 07.06.1910 † 06.06.1986. Dr. phil. Denkmalpflege. Braunschweig. **oM** 1967–86. **21** (1969) 170. **J 1986** 230.
- Nitz** Hans-Jürgen. \* 20.08.1929. Dr. phil. o. Prof. Geographie. Göttingen. **oM** 1989–heute. **J 1989** 256.

- Oberbeck** Gerhard. \* 05.10.1925. Dr. rer. nat. o. Prof. Geographie. Hamburg. **oM** 1981–heute. **J** 1981 (2) 24.
- Oexle** Otto. \* 28.08.1939. Dr. phil. Prof. C 4. Geschichtswissenschaften. Hannover/Göttingen. **oM** 1985–89, **kM** 1990–heute. **J** 1985 154.
- Olsen** Karl Heinrich. \* 20.12.1908. Dipl.-Landwirt Dr. rer. techn. apl. Prof. Agrargeographie. Braunschweig. **oM** 1967–heute. **21** (1969) 172. **J** 1989 11–25.
- Peroni** Adriano. \* 15.04.1931. Dr. phil. o. Prof. Kunstgeschichte. Florenz. **kM** 1986–heute.
- Pöls** Werner. \* 15.03.1926 † 21.02.1989. Dr. phil. o. Prof. Geschichtswissenschaften. Braunschweig. **oM** 1982–89. **J** 1982 75. **J** 1989 251.
- Pongs** Hermann. \* 23.03.1889 † 03.03.1979. Dr. phil. o. Prof. Germanistik. Göttingen. **kM** 1944–79. **21** (1969) 177.
- Raabe** Paul. \* 21.02.1927. Dipl.-Bibliothekar Dr. phil. Dr. phil. h. c. (Braunschweig) Dr. h. c. (Krakau) apl. Prof. Wolfenbüttel/Göttingen. **oM** 1988–heute.
- Rambaldi** Enrico. \* 23.02.1936. Dr. phil. Prof. Philosophie. Mailand. **kM** 1987–heute.
- Raupach** Hans. \* 10.04.1903. Dr. iur. o. Prof. Sozialwissenschaften. Wilhelmshaven/München. **oM** 1954–61, **kM** 1962–heute. **21** (1969) 181.
- Reuther** Hans. \* 21.11.1920 † 11.03.1989. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr. phil. o. Prof. Baugeschichte. Berlin. **oM** 1982–89. **J** 1982 76.
- Roloff** Ernst-August. \* 20.12.1886 gestorben 1947. Dr. phil. o. Prof. Geschichte. Braunschweig. **oM** 1943–47.
- Rosen** Edgar. \* 18.06.1911. Dr. phil. o. Prof. Politikwissenschaft. Braunschweig. **oM** 1975–heute. **J** 1975 (2) 32.
- Rosen** Stanley. \* 29.07.1929. B. A. Ph. D. Prof. Philosophie. State College (Pennsylvania/USA). **kM** 1983–heute.
- Salvini** Roberto. \* 06.02.1912 † 05.11.1985. Dr. phil. o. Prof. Kunstgeschichte. Florenz. **kM** 1983–85.
- Scheier** Claus-Artur. \* 08.09.1942. Dr. med. Dr. phil. Prof. C 3. Philosophie. Braunschweig. **oM** 1990–heute. **J** 1990 176.
- Schillemeit** Jost. \* 18.02.1931. Dr. phil. o. Prof. Literaturwissenschaft. Braunschweig. **oM** 1975–heute.
- Schindel** Ulrich. \* 10.09.1935. Dr. phil. o. Prof. Philologie. Göttingen. **oM** 1990–heute. **J** 1990 177.
- Schnath** Georg. \* 06.11.1898 † 27.10.1989. Dr. phil. o. Prof. Archivkunde. Hannover/Göttingen. **oM** 1951–66, **kM** 1967–89. **21** (1969) 193.
- Schneidmüller** Bernd. \* 22.01.1954. Dr. phil. Prof. C 4. Geschichtswissenschaften. Braunschweig. **oM** 1993–heute.
- Spieß** Werner. \* 05.02.1891 † 07.12.1972. Dr. iur. Dr. phil. Hon. Prof. Archivkunde. Braunschweig. **oM** 1944–72. **21** (1969) 197, **26** (1976) 155.
- Ströker** Elisabeth. \* 17.08.1928. Dr. phil. Dr. phil. h. c. o. Prof. Philosophie. Köln. **kM** 1993–heute.
- Thieme** Werner. \* 13.10.1923. Dr. iur. o. Prof. Rechtswissenschaften. Hamburg. **oM** 1984–heute. **J** 1984 120.
- Thies** Harmen. \* 26.12.1941. Dipl.-Ing. Dr. phil. Prof. C 3. Baugeschichte. Braunschweig. **oM** 1985–heute. **J** 1985 155.
- Tsujimura** Koichi. \* 18.02.1922. Dr. phil. Prof. Philosophie. Kyoto (Japan), **kM** 1983–heute.
- Ullmann** Ernst. \* 19.12.1928. Dr. phil. o. Prof. Kunstgeschichte. Leipzig. **kM** 1992–heute.

**Voppel** Götz. \* 10.07.1930. Dipl.-Volkswirt. Dr. rer. pol. o. Prof. Geographie. Hannover/  
Köln. **oM** 1975–76, **kM** 1977–heute.

**Wilhelm** Herbert. \* 08.06.1922. Dipl.-Kaufmann Dr. oec. o. Prof. Volkswirtschaftslehre.  
Braunschweig. **oM** 1965–heute. **21** (1969) 210.

**Zeitler** Rudolf. \* 28.04.1912. Dr. phil. (Prag) fil. dr. (Uppsala) Prof. Kunstgeschichte.  
Uppsala. **kM** 1983–heute.

Insgesamt 74 Mitglieder, davon verstorben oder ausgeschieden 29.

BWG 1943–1993: 356 Mitglieder, davon **oM** 276, **kM** 78;  
gestorben oder ausgeschieden: 170.



## Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille

1949–1993

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h.c., Dr.-Eng. h.c., Dr. Techn. h.c., em. o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller*, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., Evan-Pugh Res. Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing. E.h., Professor in Münster.
- 1954 *Max Strutt*, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich/Schweiz.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr. phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann* †, Dr. sc. nat. habil., Dr. rer. nat. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Kármán* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c. mult., LL. D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.
- 1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1962 *Walter Schottky* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c., Dr. techn. h.c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen,
- 1963 *Gottfried Köthe* †, Dr. phil., Dr. h.c., Dr. rer. nat. h.c. mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Professor und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.

- 1965 *Albert Betz* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. sc. techn. h.c., Professor und vormalig Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.
- 1966 *Wilhelm Becker*, Dr. phil., Dr. h.c., em. o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.
- 1967 *Henry Görtler* †, Dr. phil. habil., LL. D. h.c., em. o. Professor der Mathematik und vormalig Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i.Br.
- 1968 *Egon Orowan*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA.
- 1969 *E. Arne Bjerhammer*, tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm/Schweden.
- 1970 *Elie Carafoli* †, Dr. rer. nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik an dem Polytechnischen Institut Bukarest und vormalig Direktor des Institut de Mécanique des Fluides „Traian Vuia“ in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger*, Dr. rer. techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormalig Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann*, Dr. techn., Ph. D., Sc. D. Dr. rer. nat. h.c., Dr. Sc. h.c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.
- 1974 *Friedrich Tamms* †, Dr. h.c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill*, FRS, FRAeS, Hon. D. Sc. mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser*, Dr. phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland/USA.
- 1977 *Helmut Moritz*, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.
- 1977 *László Fejes Tóth*, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.
- 1978 *Ulrich Grigull*, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt*, Dr. phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.

- 1980 *Hans Kuhn*, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., Professor und vormalig Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.
- 1981 *Martin Kneser*, Dr. rer. nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.
- 1982 *Walter Burkert*, Dr. phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.
- 1983 *Leopold Müller* †, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorarprofessor an der Universität Salzburg (Felsmechanik), Salzburg/Österreich.
- 1984 *Heinz Beneking*, Dr. rer. nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH. Aachen.
- 1985 *Gerhard Ertl*, Dr. rer. nat., Dr. h. c., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.
- 1986 *Arno Borst*, Dr. phil., o. Professor für Geschichte des Mittelalters an der Universität Konstanz.
- 1987 *Olgiard Cecil Zienkiewicz*, FRS, Ph. D., D. Sc., Hon. D. Sc. mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales, Swansea/Großbritannien.
- 1988 *Heinz Brauer*, Dr.-Ing., Professor für chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.
- 1989 *Herbert Walther*, Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching.
- 1990 *Raymond Klibansky*, Dr. phil. Dr. phil. h. c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal, Kanada, und Fellow des Wolfson College, Oxford.
- 1991 *Wilfried B. Krätzig*, Dr.-Ing., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.
- 1992 *Ernst-Dieter Gilles*, Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.
- 1993 *Hans-Heinrich Voigt*, Dr. rer. nat., o. Univ.-Prof. em. für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.

# **Die 1. Satzung der BWG von 1943**

## **Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft**

### **§ 1**

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat die Aufgabe, die wissenschaftliche Arbeit im Braunschweiger Hochschulraum anzuregen und zu fördern. Insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen.

Die wissenschaftliche Arbeit findet ihren Niederschlag in Vorträgen, Berichten, Veröffentlichungen und sonstigen Veranstaltungen. Auf eine dauernde Wechselwirkung zwischen der Gesellschaft und den kulturellen Kräften des Hochschulraums ist besonderer Wert zu legen.

Der Sitz der Gesellschaft ist die Stadt Braunschweig.

### **§ 2**

Träger der wissenschaftlichen Arbeit sind die ordentlichen Mitglieder. Sie werden vom Präsidenten auf Vorschlag des Senats berufen. Ihre Höchstzahl ist 80.

### **§ 3**

Persönlichkeiten aus dem wissenschaftlichen Leben, für die eine regelmäßige Beteiligung an den Arbeiten der Gesellschaft nicht in Frage kommt, können in gleichen Verfahren zu außerordentlichen Mitgliedern berufen werden.

### **§ 4**

Organe der Gesellschaft sind: der Präsident, das Kuratorium, der Senat, die Vollversammlung.

### **§ 5**

Präsident ist der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig für die Dauer seiner Amtszeit. Er kann für die gleiche Zeitdauer einen stellvertretenden Präsidenten berufen.

Der Präsident vertritt die Gesellschaft gerichtlich und außergerichtlich. Er ist für alle Angelegenheiten zuständig, die nicht durch diese Satzung ausdrücklich anderen Stellen übertragen sind.

### **§ 6**

Die Mitglieder des Kuratoriums werden vom Präsidenten auf die Dauer von fünf Jahren berufen. Sie brauchen nicht Mitglieder im Sinne der §§ 2 und 3 zu sein.

Das Kuratorium berät und beschließt über die Beschaffung und Verwendung der Mit-

tel und erteilt dem Präsidenten Entlastung. Das Arbeitsprogramm bedarf seiner Zustimmung.

Der Präsident beruft die Sitzungen des Kuratoriums ein und leitet sie. Über die Sitzungen ist eine Niederschrift anzufertigen, die er unterschreibt.

## § 7

Der Senat besteht aus dem Vorsitzenden, den Sekretären und zwei weiteren Mitgliedern (Senatoren). Sie müssen ordentliche Mitglieder sein. Der Vorsitzende und die beiden Senatoren werden vom Präsidenten auf die Dauer von fünf Jahren berufen.

Der Senat schlägt dem Präsidenten die zu berufenden Mitglieder vor und stellt das Arbeitsprogramm auf.

Über die Sitzungen ist eine Niederschrift anzufertigen, die der Vorsitzende unterschreibt. Der Präsident ist zu allen Sitzungen einzuladen.

## § 8

Für die Zwecke der wissenschaftlichen Arbeit gliedert die Gesellschaft sich in folgende Abteilungen:

Naturwissenschaftliche Abteilung,  
Technische Abteilung,  
Abteilung für Raum- und Baugestaltung,  
Kulturwissenschaftliche Abteilung.

Jedes ordentliche Mitglied muß einer Abteilung, es kann mehreren Abteilungen angehören. In Zweifelsfällen entscheidet der Präsident nach Anhören des Senates.

Die Leitung der Abteilung obliegt dem Sekretär, der vom Präsidenten auf Vorschlag des Senatsvorsitzenden auf die Dauer von fünf Jahren berufen wird.

Für einzelne Forschungsaufgaben können nach Bedarf vom Senat Arbeitskreise gebildet werden. Ihre Leiter bestimmt der Senatsvorsitzende im Einvernehmen mit den zuständigen Sekretären.

## § 9

Mindestens jährlich einmal wird vom Präsidenten eine Vollversammlung sämtlicher Mitglieder einberufen. Ihr wird über die wissenschaftliche Arbeit Bericht erstattet; Anregungen für diese werden entgegengenommen. Vorschläge für die Berufung von Mitgliedern können eingeholt werden.

## § 10

Aus der Zahl der ordentlichen Mitglieder beruft der Präsident für die Dauer seiner Amtszeit einen Generalsekretär. Ihm obliegt die Vorbereitung der wissenschaftlichen Arbeit, die Aufrechterhaltung der Verbindung zwischen den Abteilungen und den Arbeitskreisen und die Herausgabe der Veröffentlichungen. Er unterstützt die Organe der Gesellschaft bei allen die wissenschaftliche Arbeit betreffenden Geschäften.

Er nimmt an den Sitzungen des Kuratoriums und des Senates teil.

## § 11

Wissenschaftliche Hilfsarbeiter und sonstige Hilfskräfte stellt der Präsident im Rahmen der Haushaltsmittel nach Bedarf ein. Der Senatsvorsitzende und der Generalsekretär können Vorschläge unterbreiten.

## § 12

Die Kassen- und Geschäftsführung obliegt dem Geschäftsführer des Braunschweiger Hochschulbundes.

## § 13

Satzungsänderungen sowie die Auflösung der Gesellschaft können auf Antrag des Kuratoriums von der Vollversammlung beschlossen werden. Zu der Versammlung ist mindestens 14 Tage vorher unter Bekanntgabe der Tagesordnung schriftlich einzuladen. Der Beschluß bedarf der Zustimmung des Präsidenten.

Änderungen der Satzung bedürfen der Genehmigung des Herrn Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung.

## § 14

Bei der Gründung beruft der Präsident von sich aus den Senatsvorsitzenden und die Sekretäre, die dadurch ordentliche Mitglieder werden.

## **Die 4. Satzung der BWG von 1993\***

### **Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft**

#### **§ 1**

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

#### **§ 2**

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

#### **§ 3**

Die Gesellschaft hat drei Klassen:

- die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
- die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
- die Klasse für Geisteswissenschaften.

#### **§ 4**

(1) Die Gesellschaft besteht aus ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern.

(2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeiten verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der ordentlichen Mitglieder, welche das 70. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, beträgt:

---

\* Nds. Ministerialblatt vom 19. 5. 1993

### **Neufassung der Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft**

**Bek. d. MWK v. 6. 4. 1993 – 212.2 B VIII 23-1/87 –**

**Bezug:** a) Beschl. d. LM v. 21. 4. 1953 (Nds. MBl. 1954 S. 205)

b) Bek. v. 14. 1. 1971 (Nds. MBl. S. 285)

Das Plenum der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft hat am 13. 12. 1991 und am 12. 3. 1993 die nachstehende Neufassung der Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft beschlossen, die ich hiermit gemäß § 17 Abs. 2 der Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft vom 21. 4. 1953 i. d. F. vom 14. 1. 1971 mit Erlaß vom 6. 4. 1993 genehmigt habe (**Anlage**). Die Neufassung ist mit Wirkung vom 6. 4. 1993 in Kraft getreten.

– Nds. MBl. Nr. 16/1993 S. 467

30 für die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,  
40 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,  
30 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

(3) Zu korrespondierenden Mitgliedern können, ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz, verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muß angenommen werden, daß sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vorschlag ihrer Klasse kann durch den Verwaltungsausschuß die Mitgliedschaft in die eines korrespondierenden Mitglieds umgewandelt werden.

## § 5

(1) Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(2) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten verzichtet werden.

(3) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

## § 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste, die von einem ordentlichen Mitglied eingeführt sind, einladen.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

## § 7

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“ sowie ein „Jahrbuch“ heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

## § 8

Die Gesellschaft kann darüber hinaus eigene Forschungsarbeiten durchführen, Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder oder Dritter unterstützen, wissenschaftliche Stellung-



nahmen abgeben und wissenschaftliche Tagungen, Symposien sowie Vorträge veranstalten. Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft auch öffentliche Vorträge. Ferner kann die Gesellschaft wissenschaftliche Schriften und Berichte herausgeben oder ihre Herausgabe unterstützen.

### § 9

Die Gesellschaft verleiht, in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April, die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille“. Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gauß-Medaille.

### § 10

(1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten. Er beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme, führt den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Klassenvorsitzenden.

(2) Der Präsident wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Stellvertretung des Präsidenten übernimmt als Vizepräsident der turnusmäßig älteste Klassenvorsitzende.

### § 11

(1) Die Leitung der Klassen obliegt den Klassenvorsitzenden; § 10 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(2) Die ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung den Klassenvorsitzenden so, daß jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Klassenvorsitzenden betrauen mit ihrer Vertretung von Fall zu Fall ein ordentliches Mitglied der Klasse.

### § 12

(1) Dem Generalsekretär obliegen die Geschäftsführung, die Veranstaltung öffentlicher Vorträge und die Herausgabe von Veröffentlichungen der Gesellschaft.

(2) Der Generalsekretär muß seinen Wohnsitz in Braunschweig oder im näheren Umkreis von Braunschweig haben. Er wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer. In dem Jahr, in dem der Präsident neu gewählt wird, soll ein Wechsel im Amt des Generalsekretärs nicht stattfinden.

## § 13

Der Präsident, die Klassenvorsitzenden und der Generalsekretär bilden den Verwaltungsausschuß. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlußfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident kann zur Beratung des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt, hinzuziehen.

## § 14

(1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.

(2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.

(3) Die Gesellschaft hat nach Ende eines jeden Haushaltsjahres eine Rechnung aufzustellen. Die Rechnung ist, unbeschadet einer Prüfung durch den LRH nach § 111 LHO, durch die bei der Bezirksregierung Braunschweig eingerichtete Vorprüfungsstelle zu prüfen. Die Prüfung soll sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungslegung sowie auf die wirtschaftliche und satzungsgemäße Verwendung der Mittel erstrecken.

Das Plenum beschließt ferner über die Entlastung des Verwaltungsausschusses. Die Entlastung bedarf der Genehmigung des MWK und des MF.

## § 15

Das Plenum beschließt ferner über die Geschäftsordnung, Druckschriftenordnung, Bestimmungen über die Verleihung der Gauß-Medaille und über Änderungen dieser Satzung.

## § 16

(1) Zu Wahlen und Beschlußfassungen gemäß § 14 Abs. 1 und 3 und § 15 muß mindestens die Hälfte der Anzahl der ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.

(2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmenmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs der erste Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findet sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die absolute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.

(3) Bei den übrigen Beschlußfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.

(4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

## § 17

(1) Die Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs bedarf der Bestätigung durch die LReg.

(2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die LReg.

(3) Das Ergebnis der Wahlen der ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluß eines Mitglieds und der Verzicht eines Mitglieds auf die Mitgliedschaft sind der LReg. anzuzeigen.

**Übergangsbestimmungen**

Die Satzung tritt mit dem Tag der Genehmigung in Kraft. Befristet auf fünf Jahre nach dem Inkrafttreten der Satzung, können der Klasse für Ingenieurwissenschaften bis zu 45 ordentliche Mitglieder unter 70 Jahren angehören, wobei die Höchstzahl aller ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft auf 100 begrenzt bleibt.

## **Geschäftsordnung für die Wahl ordentlicher und korrespondierender Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft**

1. Der Antrag auf Zuwahl eines ordentlichen oder korrespondierenden Mitglieds ist der fachlich zuständigen Klasse schriftlich und von mindestens 3 ordentlichen Mitgliedern unterzeichnet zuzuleiten. Der Antrag muß den vollen Namen und die akademischen Grade des Vorgeschlagenen sowie dessen wissenschaftliches Fachgebiet, seine berufliche Stellung und seinen Wohnsitz enthalten. Von den antragstellenden Mitgliedern soll mindestens eines der fachlich zuständigen Klasse angehören.
2. Nach allgemeiner Erörterung des Antrages mit den Antragstellern in der fachlich zuständigen Klasse setzt diese einen Dreier-Ausschuß ein, der den Antrag im einzelnen prüft, wobei er
  - a) den Lebenslauf des Vorgeschlagenen,
  - b) seine wissenschaftliche Tätigkeit, Leistungen und Verdienste,
  - c) seine Veröffentlichungen und
  - d) die vom Vorgeschlagenen für wissenschaftliche Verdienste empfangenen Ehrungen

zugrunde legt.

Dem Ausschuß dürfen höchstens zwei der Antragsteller angehören.

3. Sofern es die Klasse für zweckmäßig erachtet, können zur Beurteilung des Antrages Fremdgutachten herangezogen werden, nach Möglichkeit von Mitgliedern einer Akademie der Wissenschaften. Ist der Vorgeschlagene selbst Mitglied einer Akademie der Wissenschaften der Bundesrepublik Deutschland oder Inhaber der Friedensklasse des Ordens „Pour le mérite“, ist auf die Heranziehung von Fremdgutachten zu verzichten.
4. Nach Prüfung der Unterlagen gemäß Ziff. 2 und 3 nimmt der Ausschuß schriftlich Stellung und empfiehlt Annahme oder Ablehnung des Antrages. Die Stellungnahme des Ausschusses mit dem Zuwahlantrag sowie den Unterlagen zur Person des Vorgeschlagenen gemäß Ziff. 2 a–d ist der Klasse zuzuleiten.
5. Die Klasse erörtert nochmals den ihr zugeleiteten Antrag auf Zuwahl und dessen Beurteilung durch den Dreier-Ausschuß und beschließt mit Zweidrittel-Mehrheit über dessen Vorlage im Plenum. Im Falle der Einbringung des Vorschlages ins Plenum ist dies dem Präsidenten unter Übersendung der Unterlagen gemäß Ziff. 4 und Bekanntgabe des Klassenvotums anzuzeigen.
6. Der Präsident teilt allen ordentlichen Mitgliedern 4 Wochen vor dem Wahltermin die anstehenden Anträge auf Zuwahl vertraulich mit, unter Bekanntgabe der wichtigsten Persönlichkeitsdaten der Vorgeschlagenen.
7. Ein Angehöriger der Klasse trägt dem Plenum die Vorschläge auf Zuwahl mit Begründung und Bekanntgabe der Klassenvoten vor.

8. Das Plenum entscheidet sodann über die Aufnahme der Vorgeschlagenen gemäß § 16 Abs. 1 und 2 der Satzung.
9. Zuwahlen finden in der Regel alljährlich zweimal statt; hierzu lädt der Präsident mit einer Einberufungsfrist von 4 Wochen ein.

Die vorstehende Geschäftsordnung ist vom Plenum der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 27. 11. 1978 beschlossen worden.

## **Geschäftsordnung für die Kommissionen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft**

1. Kommissionen zur Durchführung besonderer Forschungsvorhaben werden auf Antrag der fachlich zuständigen Klasse vom Plenum mit einfacher Mehrheit der Anwesenden der BWG angegliedert.
2. Den Kommissionen können neben ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern der BWG auch außenstehende Wissenschaftler angehören.
3. Die Leitung der Kommissionen muß von einem Mitglied der BWG wahrgenommen werden, der auf Vorschlag der fachlich zuständigen Klasse vom Präsidenten berufen wird. Seine Tätigkeit endet, wenn das der Kommission zugrunde liegende Vorhaben abgeschlossen ist.
4. Außerdem bestellt der Präsident auf Vorschlag der zuständigen Klasse einen Geschäftsführer der Kommission, der nicht Mitglied der BWG sein muß und dessen Tätigkeit ebenfalls mit dem Abschluß des jeweiligen Vorhabens endet.
5. Die Mitglieder der Kommissionen werden auf Vorschlag der fachlich zuständigen Klasse berufen und abberufen.
6. Die Mitgliedschaft und Ämter in den Kommissionen sind ehrenamtlich und bleiben unbesoldet. Von der Kommission beschlossene und vom Verwaltungsausschuß der BWG genehmigte Auslagen werden nach den entsprechenden Sätzen des öffentlichen Dienstes den Genannten erstattet.
7. Die laufenden Verwaltungsgeschäfte der Kommissionen werden von der Geschäftsstelle der BWG wahrgenommen.
8. Die Leiter der Kommissionen berichten alljährlich zum Jahresschluß über die Tätigkeit des abgelaufenen Jahres und legen dem Plenum fertiggestellte Abschlußberichte über das jeweils durchgeführte Vorhaben vor.
9. Die abgeschlossenen Arbeiten der Kommissionen werden in der Schriftenreihe der Kommissionen nach Maßgabe der hierfür zur Verfügung stehenden Mittel veröffentlicht.

Die vorstehende Geschäftsordnung ist vom Plenum der BWG am 10.12.1993 beschlossen worden und tritt mit dem 01.01.1994 in Kraft.

## **Bestimmungen für die Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille**

Zum Gedenken an Carl-Friedrich Gauß (1777–1855), den bedeutendsten Schüler des Collegium Carolinum zu Braunschweig, hat die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft die Gauß-Medaille gestiftet, die für hervorragende wissenschaftliche Leistungen verliehen wird.

Die aus Bronze bestehende kreisrunde Medaille mit einem Durchmesser von 90 mm und einer Dicke von 8 mm trägt auf der Vorderseite ein Kopfbild von Gauß mit der Umschrift „Carl Friedrich Gauß, geb. zu Braunschweig 30. 4. 1777“; die Rückseite der Medaille trägt die Inschrift „Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft“ und in der Mitte die Worte „pro summis litterarum meritis“. Der Rand der Medaille trägt den Namen des Inhabers sowie das Verleihungsdatum. Zu der Medaille gehören ein Lederetui sowie eine Urkunde mit Mappe, in welcher die besonderen wissenschaftlichen Verdienste des Inhabers gewürdigt werden.

### **1. Verleihung der Medaille**

Die Medaille wird von der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft verliehen und im Rahmen der öffentlichen Feierlichen Jahresversammlung durch den Präsidenten überreicht. Der Geehrte soll bei dieser Gelegenheit über seine wissenschaftlichen Arbeiten vortragen.

Mitgliedern der Gesellschaft wird die Medaille nicht verliehen.

### **2. Verfahren**

Jedes Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft hat das Recht, Vorschläge zur Verleihung der Gauß-Medaille der Gesellschaft zu unterbreiten. Alle Vorschläge für die jeweils nächste Verleihung sollen schriftlich mit kurzer Begründung spätestens zum 1. November beim Präsidenten eingehen. Der Präsident kann einzelne Mitglieder mit der Einholung von Gutachten beauftragen. Er unterrichtet die Klassenvorsitzenden über die Vorschläge. Die Klassenvorsitzenden stellen sie zur Beratung und berichten hierüber dem Präsidenten, der nach Eingang aller Unterlagen ein Konzil zur endgültigen Beschlußfassung einberuft. Dem Konzil gehören an: die Mitglieder des Verwaltungsausschusses und je zwei ordentliche Mitglieder aus jeder Klasse, die zu diesem Zweck vom Klassenvorsitzenden benannt werden. Der Präsident benachrichtigt den Auszuzeichnenden und ermittelt dessen Annahmefähigkeit.

Das gesamte Verfahren ist vertraulich zu behandeln.

### **3. Besondere Bestimmungen**

Die Verleihung der Gauß-Medaille schließt eine Berufung zum Mitglied der Braunschweigischen Gesellschaft nicht ein.

Die Verleihung sowie der Wortlaut der Verleihungsurkunde werden jeweils in dem der Verleihung folgenden Jahrbuch der Gesellschaft veröffentlicht und dem Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kunst sowie den deutschen wissenschaftlichen Akademien mitgeteilt.

Nach dem Tode des Inhabers bleibt die Medaille im Besitz der Erben.

Die vorstehenden Bestimmungen sind vom Plenum der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 18. 11. 1983 beschlossen worden.

## **Druckschriftenordnung**

### **Richtlinien für die Aufnahme von Manuskripten in die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“**

#### **1. Allgemeine Richtlinien**

- 1.1 *Forschungsarbeiten*: In den Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft soll vor allem von den Mitgliedern über eigene Forschungsarbeiten berichtet werden. Daneben können Mitglieder auch Forschungsarbeiten Dritter vorlegen, was im Druck unter dem Namen des Autors zu vermerken ist.
- 1.2 *Veröffentlichung und Nachveröffentlichung*: Veröffentlicht werden nur Originalarbeiten. Nachveröffentlichungen an anderer Stelle sind nur unter Hinweis auf die Erstveröffentlichung in den Abhandlungen zulässig.
- 1.3 *Zustimmung der zuständigen Klasse*: Zur Drucklegung von Beiträgen in den Abhandlungen ist die vorherige Zustimmung der zuständigen Klasse erforderlich. In besonderen Ausnahmefällen genügt die Zustimmung des zuständigen Klassenvorsitzenden.
- 1.4 *Umfang*: Beiträge in den Abhandlungen sollen in der Regel umfangmäßig 20 Druckseiten nicht übersteigen.
- 1.5 *Vorlagetermine*: Manuskripte für die Abhandlungen können laufend beim zuständigen Klassenvorsitzenden eingereicht werden. Jährlicher Redaktionsschluß ist der 30. September. Die eingereichten Manuskripte werden mit ihrem Eingangsdatum registriert und diese im Druck vermerkt.
- 1.6 *Berichte*: Berichte werden in der Verantwortlichkeit des Generalsekretärs erstellt und verlegt.

#### **2. Spezielle drucktechnische Richtlinien**

- 2.1 *Manuskripte*: Das Manuskript ist in Schreibmaschinenschrift einzureichen. Die Blätter sind einseitig zu beschreiben, wobei möglichst doppelter Zeilenabstand zu wählen ist.
- 2.2 *Titel*: Der Titel soll möglichst kurz und allgemeinverständlich sein. Es sind der volle Vorname und Nachname des Verfassers und sein Wohnort anzugeben. Entspricht die Arbeit einem Institut, so ist dieses am Schluß der Arbeit zu vermerken.
- 2.3 *Einleitung*: An den Anfang jeder Arbeit ist möglichst eine Einleitung zu stellen, durch die auch der „Nichtfachmann“ in die besondere Aufgabenstellung eingeführt wird.
- 2.4 *Unterteilung*: Die Arbeit ist in einzelne Abschnitte zu unterteilen. Es wird empfohlen, sich möglichst der Dezimalklassifikation anzupassen, also die Hauptabschnitte mit 1., 2., 3. ..., die Unterabschnitte mit 1.1, 1.2, 1.3 und weitere Unterteilungen mit 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 usw. zu bezeichnen.



- 2.5 *Literatur*: Die in der Arbeit erwähnte Literatur ist möglichst am Schluß der Arbeit zusammenzustellen und laufend zu numerieren ([1], [2], ...). Außer dem Namen des Verfassers und dem Titel der Arbeit sind noch anzugeben: Zeitschrift, Band, Erscheinungsjahr (in Klammern hinter der Bandzahl) und Seitenzahl. Im Text selbst soll außer dem Namen die Hinweisnummer auf das Literaturverzeichnis und die Seitennummerierung erscheinen.
- 2.6 *Abbildungen*: Auf beigefügte Abbildungen muß im Text hingewiesen werden: (Abb. ...).  
 Jede Abbildung ist als Originalzeichnung auf einem besonderen Blatt einzureichen. Die Zeichnungen sind in schwarzer Tusche sauber und klar auf weißem Papier oder Transparentpapier herzustellen. Lichtpausen genügen im allgemeinen nicht als Druckvorlagen. Da von den eingereichten Abbildungen unmittelbar Druckklischees hergestellt werden, ist in erhöhtem Maße auf die Richtigkeit und Vollständigkeit zu achten. Korrekturen an fertigen Klischees können nicht vorgenommen werden. Die Beschriftung hat nach Möglichkeit in Normschrift zu erfolgen. Es ist besonders auf die Größe der Beschriftung zu achten, um nach der Verkleinerung der Originalzeichnungen noch ausreichende Lesbarkeit zu gewährleisten. Die Abbildungen sind jeweils mit einer kurzen, aber erschöpfenden Unterschrift zu versehen, die im Druck unter die Abbildungen gesetzt wird und nicht auf die Abbildungsvorlagen zu schreiben ist. Sämtliche Abbildungsunterschriften sind auf einem besonderen Blatt zusammenzustellen.  
 Werden Fotos eingereicht, so müssen diese sehr scharf sein.
- 2.7 *Mathematische Formeln*: Die im Text vorkommenden wichtigsten mathematischen Formeln sind durch in Klammern gesetzte Ziffern (1), (2) ... am Schluß der Zeile laufend zu numerieren. Nur einfache Formeln können in Maschinschrift geschrieben werden. Alle anderen Formeln sind handschriftlich sehr sorgfältig einzutragen. Um Hinweise für den Setzer machen zu können, ist im Bereich der Formeln genügend Platz zu lassen.
- 2.8 *Korrekturen*: Im allgemeinen wird dem Verfasser nur eine Korrektur (Fahnenkorrektur) zugestellt. Die Korrekturfahnen sind sehr sorgfältig durchzusehen. Es wird darum gebeten, nach Möglichkeit nur wirkliche Druckfehler zu beseitigen und nicht noch textliche Abänderungen vorzunehmen. Die getrennt beigefügten Andrucke der Abbildungen sind mit den entsprechenden Unterschriften zu versehen und an denjenigen Stellen des Textes an den Rand zu kleben, wo sie erscheinen sollen.

Die vorstehende Druckschriftenordnung ist vom Plenum der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 18. 11. 1983 beschlossen worden.

# PLENARVERSAMMLUNGEN

JUSTUS HERRENBERGER

## Amtsübergabe des Präsidiums der BWG

Braunschweig, 15. Januar 1993

„Begrüßung Justus Herrenberger“ steht auf Ihrer Einladung. So habe ich die Aufgabe, Ehre und Freude, Sie, meine sehr geehrten Damen und Herren, recht herzlich zu unserer 1. Plenarsitzung im Jahre 1993 willkommen zu heißen.

1993 soll ja wieder, so künden es unsere Politiker mit sorgenzerfurchtem Antlitz an, ein besonders schwieriges Jahr werden. Ich bin ja nun auch schon ziemlich alt, entsinne mich jedoch nicht, jemals gehört zu haben, nun käme ein lustiges, bequemes neues Jahr. Ich wünsche Ihnen trotz allem ein gutes 1993, bleiben's lebendig und gesund!

1993 ist auch für die BWG ein wichtiges Jahr: heute übernimmt ein neuer Mann das Präsidentenamt, am 9. Dezember 1993 wird der 50jährige Gründungstag der BWG gefeiert.

1993, 50 Jahre zurück, 1943, ein böses, schreckliches Jahr: Stalingrad, Leningrad, Rückzug des Afrikakorps, Landung der Alliierten in Sizilien, Warschauer Ghetto, Katyn, U-Boot-Krieg, Luftkrieg über Deutschland (bis 1945 vierzig Luftangriffe auf Braunschweig), Konferenzen in Casablanca und Teheran.

Der Krieg war verloren, jedoch leider noch nicht vorbei. Es ging um die Existenz. „Totaler Krieg“, „Marmorklippen“ von Ernst Jünger, „Die Fliegen“ von Jean-Paul Sartre, Geschwister Scholl.

Hatten die in Braunschweig 1943 an der Technischen Hochschule denn keine anderen Sorgen, als eine Wissenschaftliche Vereinigung, eine Akademie zu gründen? Im Geschäftszimmer der BWG steht ein Aktenordner über die Gründung. Ich habe neulich darin geblättert: Debatten und Papierkrieg wegen einer Satzung – „Wissenschaft im Dienste des Volkes“ – Bekannte Namen, eine Elite, die zur Mitgliedschaft herangezogen werden sollte: „Wärme“-Schmidt, Tank (Focke-Wulf), Iglisch, Blenk, Köstler, Roloff, Paul Jonas Meier, Jesse (Städt. Museum; Numismatik), Cario, Pungs, Pfeleiderer (Pumpen), Gerstenberg, Franke (von „Rollei“), Marx, Rheinländer, Herzig, aber auch Klagges, Alpers, Hesse, Lauterbach im Zusammenhang mit einem Kuratorium, Bernhard Rust wegen der Genehmigung.

Seitdem ist viel um uns geschehen. Wer hätte je gedacht, daß es mit dem Sozialismus und der Gleichmacherei so plötzlich vorbei ist! Der Begriff „Elite“ genießt wieder hohe Wertschätzung. Jeder weiß, daß der Berufung von Professoren eine strenge Selektion vorausgeht: Dissertation, Habilitation, Berufungsausschuß, Vorauswahl, Probevortrag,

drei Gutachten, Dreierliste, wieder Gutachten, Ruf durch den Minister. Elite also als *Auslese*!

Bei der Wahl in unsere wissenschaftliche Gesellschaft wird's noch härter: Vorschlag durch drei Mitglieder, Überprüfung in der Klasse, Gutachten, im Plenum Zuwahl oder auch nicht. Elite also als *Beerenauslese*!

Die Wahl eines neuen Präsidenten ist dann mindestens *Trockenbeerenauslese*!

Wenn der Erwählte dann auch noch zusagt, die viele Arbeit und Verantwortung zu übernehmen, obwohl es ihm in seinem gelehrten Beruf kaum langweilig sein dürfte, so ist das ein Grund zum Feiern. Zum Feiern hat man gerne Gäste. So begrüße ich als Gäste zuerst einmal unsere Damen (die gehören ja sowieso dazu). Wir freuen uns sehr, daß Sie gekommen sind: Sehr geehrte Frau Bürgermeisterin SCHOBER, Herr Präsident der TU, Prof. REBE, und Herr Vizepräsident der Bezirksregierung Braunschweig, Dr. SCHNÖCKEL.

Nun übergebe ich das Wort an Herrn Prof. Dr. OBERBECK.

---

Prof. Dr.-Ing. Justus Herrenberger  
Ginsterweg 22 · 38126 Braunschweig

GERHARD OBERBECK

## Rückblick und Übergabe des Präsidentenamtes

Braunschweig, 15. Januar 1993

Meine sehr verehrten Damen, meine Herren!

Mein Dank gilt dem Vizepräsidenten unserer Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, Herrn Professor Herrenberger für die freundlichen Worte der Begrüßung, besonders aber Ihnen allen, die Sie so zahlreich unserer Einladung zum Neujahrsempfang wie auch zur Übergabe des Präsidentenamtes gefolgt sind.

Für die wohlwollende und tatkräftige Unterstützung meines Tuns während der Zeit von 1987 bis heute habe ich besonders Dank zu sagen der Niedersächsischen Landesregierung, hier vor allen der Ministerin für Wissenschaft und Kunst, Frau Schuchard, dem Regierungspräsidenten der Bezirkesregierung Braunschweig, Herrn Dohrn bzw. Herrn Lange, und vornehmlich dem Oberbürgermeister der Stadt Braunschweig, Herrn Stefens.

Die Stadt Braunschweig hat uns seit Jahren die feierlichen Räumlichkeiten der Dornse im Altstadtrathaus, das Schloß Richmond und unser „Haus der BWG“, d. h. unsere Geschäftsstelle am Fallersleber-Torwall, zur Verfügung gestellt.

So sei es mir gestattet, Herrn Regierungsvizepräsidenten Dr. Schnöckel und der 2. Bürgermeisterin der Stadt Braunschweig, Frau Schober, ein besonders freundliches Willkommen zu entbieten.

Mit Herzlichkeit begrüße ich den Präsidenten der Technischen Universität Carolo Wilhelmina, Herrn Professor Dr. Rebe, der mich immer – sofern möglich oder notwendig – unterstützt hat; Ihnen, lieber Herr Rebe, gilt mein persönlicher Dank auch für die guten Gespräche, die wir miteinander führten.

Wenn ich Ihnen im Sinne eines Rückblicks auf die nun hinter mir liegende Amtszeit als Präsident meine Gedanken, Pläne und Erwartungen ausschnittsweise vortrage, so geschieht dies unter der Berücksichtigung dreier Perspektiven:

- a) der tatsächlichen und der möglichen Auswirkung auf die BWG,
- b) der Rückwirkung auf meinen eigenen Lebensweg,
- c) der zukünftigen Entwicklung der Akademien der Wissenschaften und der Wissenschaftlichen Gesellschaften.

---

Ansprache auf der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 15. Januar 1993

Zu a) *Die Auswirkungen meiner Amtsausübung auf die BWG*

Punkt 1: Die *Forschungsaktivitäten* unserer BWG werden bekanntlich angeregt, mit ihren Problemen vorgestellt und diskutiert in den Plenarversammlungen (etwa 9 bis 10 pro Jahr), Klassensitzungen (etwa 12 bis 15 pro Jahr) und Kommissionen (zur Zeit 3) sowie aus den hieraus entstehenden Symposien.

Die Kommission für „Bau- und Kunstgeschichte“, die viele Jahre von dem leider kürzlich verstorbenen Martin Gosebruch geleitet wurde, hat u. a. den Gedanken der „Kulturregion“ im Bereich des nördlichen Harzvorlandes herausgestellt. Die geographische Lage der drei Schwerpunkte der BWG, Braunschweig, Hannover und Clausthal, kennzeichnet einen Teil des alten „Ostfalens“, das über die ehemalige Grenze zur einstigen DDR nach Osten ragte. Dieser historische Begriff, den ich im Jahresbericht der BWG 1987 wiederverwendete, lieferte mit die Grundlage für Kontakte zu Wissenschaftlern im heutigen Sachsen-Anhalt.

Dieser kulturelle, wissenschaftliche und menschliche Auftrag hat sich über Jahre hinweg positiv ausgewirkt; so konnte bereits 1986 eine gemeinsame Kunsthistorikertagung in Magdeburg stattfinden. Nach Öffnung der neuen Bundesländer (1990) haben sich die Kontakte verstärkt, wie das Symposium über den „Halberstädter Dom“ zeigt.

Die Kommission „Technik und Umwelt“ hat im Sommer 1992 unter der Leitung von Herrn Jeschar ein sehr erfolgreich verlaufenes Symposium über „Technische Möglichkeiten zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes“ in Clausthal durchgeführt.

Schließlich sollte auch als Jubiläumspräsent (1993/94: 50 Jahre BWG) die 26bändige Kritische Raabe-Ausgabe erwähnt werden, die von Karl Hoppe initiiert und von Herrn Prof. Dr. Schillemeit und Frau Dr. Schillemeit zu Ende geführt worden ist.

Die beiden Publikationsreihen der Gesellschaft, die alljährlich erscheinenden „Abhandlungen“ sowie die „Jahrbücher“, zeugen von den Aktivitäten unserer Vereinigung. Sie dienen u. a. auch dem Austausch der Veröffentlichungen sowie dem Kontakt zu anderen Wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien.

Punkt 2: Es besteht eine „*Konferenz der deutschen Akademien der Wissenschaften*“, der sechs bzw. sieben Akademien (einschließlich der „Leopoldina“, Halle) angehören. Zur Zeit wird im dortigen Senat hinsichtlich des Antrages der BWG auf Assoziierung beraten. In dieser Angelegenheit habe ich gerade vorgestern noch mit dem amtierenden Präsidenten, Herrn Prof. Thews, telefonischen Kontakt gehabt, mit – wenn Sie so wollen – positiven Perspektiven.

Eine Aktivierung der Verbindungen zu den wissenschaftlichen Akademien ist eingeleitet worden durch meinen Amtsvorgänger, Herrn Professor Olsen, der die Einladungen zu den Jahressitzungen der einzelnen Akademien und Wissenschaftlichen Gesellschaften regelmäßig wahrgenommen hat. Ich habe diese Bestrebungen aufgegriffen und verstärkt und im Laufe der letzten sechs Jahre an über 40 Veranstaltungen dieser Art teilgenommen, mit einem, wie man feststellen kann, durchaus meßbaren Ergebnis. Diese Bemühungen müssen fortgesetzt werden.

### Punkt 3: *Satzungsänderung*

Das Plenum der BWG hat über viele Jahre hin über eine Satzungsänderung im Sinne der Straffung unserer Klassengliederung beraten. Das Ergebnis liegt vor und wurde im Plenum verabschiedet (Dezember 1991). Kern der Änderung ist eine Schwerpunktbildung mit einer

Klasse für Ingenieurwissenschaften (40 % der Sitze), ferner einer  
Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften (30 % der Sitze) und einer  
Klasse für Geisteswissenschaften (30 % der Sitze).

Das Genehmigungsverfahren läuft beim Ministerium für Wissenschaft und Kunst und neigt sich dem Ende zu.

### Punkt 4: *Zusammensetzung unserer Mitgliedschaft*

Die BWG unterscheidet zwischen ordentlichen Mitgliedern, die laut Satzung in Niedersachsen ihren Wohnsitz haben müssen, und korrespondierenden Mitgliedern, die außerhalb des Bundeslandes wohnen. Die Zuwahl erfolgt in einem komplizierten Verfahren, initiiert durch die einzelnen Klassen, gestützt durch Stellungnahmen und Gutachten. So haben wir zur Zeit 119 ordentliche Mitglieder und 67 korrespondierenden Mitglieder.

Leider sind – was Herr Herrenberger bereits 1988 beanstandete – darunter nur wenige Damen. Dies liegt – wie wir alle wissen – u. a. an der Berufsstruktur im Akademiker- und Universitätsbereich und ist sicherlich nicht von heute auf morgen zu ändern.

Ich habe mich aus diesem Grunde bemüht, die vorgegebenen Riten nicht nur zu pflegen, sondern auch ein wenig zu verändern: Unsere Ehefrauen werden zu vier Plenarveranstaltungen im Jahr miteingeladen: zum Neujahrsempfang, zur Veranstaltung in Hannover, zur Feierlichen Jahresveranstaltung in Braunschweig sowie zur Sommerabschlußsitzung in Clausthal. Dies bereichert unsere Sitzungen sehr und geschieht bewußt.

### Zu b) *Die Rückwirkung der Amtsausübung auf meinen eigenen Lebensweg*

Durch die ehrenvolle Wahl zum Präsidenten 1986 fühlte ich mich in die Pflicht genommen, und zwar in dem Sinne, daß ich dieser Stadt Braunschweig und ihren wissenschaftlichen Einrichtungen, denen ich in den entscheidenden Jahren meines Lebens viel verdanke, nun etwas zurückzuerstatten hatte. Dies war, wenn Sie so wollen, die Triebfeder meines Handelns. Hinzu kam, daß – obwohl durch Studium und Beruf die Stadt 1955 verlassen –, ich niemals meine kleine Wohnung in meinem Haus aufgegeben habe. So blieb die Bindung erhalten.

Ich bin gebürtiger Braunschweiger und besuchte hier Grundschule und Gymnasium. Ein großer Erlebnis 1942 war, daß ich im sogenannten „Außeninstitut“ der Technischen Hochschule öffentliche Vorträge angesehener Professoren hören konnte: eine Offenbarung für einen Sechzehnjährigen!

Ein Jahr später wurde von diesen Professoren – quasi als Gegengewicht zur geplanten Hermann-Göring-Universität in Salzgitter – die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (1943) gegründet. Nicht zuletzt unter Hinweis auf diesen Sachverhalt gelang es (mir), den Etat der BWG im Landeshaushalt zu sichern. Wir werden darauf näher eingehen, wenn wir das 50jährige Jubiläum unserer BWG begehen.

*Zu c) Die zukünftige Entwicklung der Akademien der Wissenschaft und der Wissenschaftlichen Gesellschaften*

Die Diskussion über die wissenschaftlichen Akademien und Gesellschaften ist – zu meist von Außenstehenden – nicht immer positiv verlaufen, zumal die Konstruktion dieser Gremien, sowohl von ihrer Größe als auch von den Wahlmodalitäten her, recht unterschiedlich ist.

Wenn man aber berücksichtigt, in welcher Weise unsere Universitäten zu Ausbildungsstätten einer immer noch anwachsenden Studentenmenge werden, ist die Feststellung, daß dabei die Forschung für den einzelnen Studenten *und* den Professor auf der Strecke bleibt, nicht abwegig. Die Einheit von Forschung und Lehre, das wechselseitige Durchdringen bleibt eine Illusion, wenn die Universitäten überfüllt sind!

Aufgabe der Lehrenden ist es doch, insbesondere die Methoden der Forschung aufzuzeigen und weiterzugeben. Dies bedeutet aber auch, daß ihnen der Vergleich der Methoden im eigenen Bereich und über die Fächergrenzen hinweg möglich sein muß. Das setzt einen nicht allzu großen Kreis selbst in der Forschung stehender Fachleute als Diskussionspartner voraus. Diese Funktionen werden in immer stärkerem Maße die Akademien ausfüllen und realisieren müssen.

Neben der Verpflichtung gegenüber der Wissenschaft sollten Mitglieder der wissenschaftlichen Akademien und Gesellschaften den Leitsatz beherzigen: Du bist mitverantwortlich! Dies bedeutet letztlich: Die Berufung in eine Akademie ist zwar einerseits eine Auszeichnung für geleistete wissenschaftliche Arbeit, muß aber vor allem eine Hypothek auf die Zukunft sein, d. h. jedes Mitglied ist verpflichtet, aktiv seinen Beitrag zu leisten!

Daß der Gedanke, Akademien im Sinne tätiger wissenschaftlicher Bildungsanstalten zu besitzen, im Ausland verbreiteter als uns allgemein bekannt ist, sei mit einigen Dias begleitet (Färöer, Island, Kamerun, Schottland (Isle of Skye), Quebec, Lake Havasu City, New Brunswick, Rußland).

Zum Schluß sei mir gestattet, den Altpräsidenten, meinen Vorgängern im Amt, für Anregungen und Unterstützung zu danken, und zwar den Herren Kroepelin, Blenk, Gerke, Wilhelm und Olsen. Ferner den Generalsekretären Richter, Thieß und Wannagat sowie den Kollegen, die in Hannover und Clausthal der BWG halfen, nämlich den Herren Tietz und Stein sowie den Rektoren Müller, Hennecke und Leschonski.

Vergessen möchte ich auch nicht die tätigen Damen unserer Verwaltung, Frau Haulbold und Frau Köppelmann-Dennstedt, die mit Umsicht und Freundlichkeit den geregelten Ablauf der Arbeit sichern. Besonderer Dank gilt ferner meiner Frau, die meine häufige Abwesenheit im Dienst der BWG wohlmeinend ertrug und häufig Fahrten mit übernahm.

Die Zukunft unserer BWG liegt nun in den Händen und der Sorgwartung von Professor Leonhard:

Sehr geehrter Herr Präsident, darf ich Sie bitten, die Amtskette in Empfang zu nehmen. Sie symbolisiert Amt und Würde, sie zeigt aber auch auf, daß wir alle – auch Sie und ich – nur Glieder in einer Kette sind. Ich wünsche Ihnen Kraft, Geschick, Fortune und nicht zuletzt Freude bei Ihrer Tätigkeit, auch ein wenig Gelassenheit und Humor, alles zum Wohle unserer BWG und ihrer Mitglieder.





WERNER LEONHARD, Wolfenbüttel

**Dank und Zielsetzung\***

Sehr geehrte Herren Präsidenten, meine Damen und Herren,

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft begeht bald den 50. Jahrestag ihrer Gründung, und wir hätten es gerne gesehen, wenn Sie, lieber Herr Oberbeck, in dieser Phase verstärkten öffentlichen Interesses für eine weitere Periode als Präsident zur Verfügung gestanden hätten. Daß Sie aber nach sechs Jahren Arbeit für die BWG wieder mehr Zeit für die eigene Wissenschaft haben wollen, kann man verstehen, und so möchte ich Ihnen im Namen aller Mitglieder der BWG für die Mühe und Zeit danken, die Sie uns in den vergangenen Jahren gewidmet haben. Sie waren ein bedeutender Präsident, der es verstand, all die ausgeprägten Individualisten in diesem Kreis anzusprechen und für gemeinsame Ziele zu gewinnen. Unter Ihrer Präsidentschaft wurden wichtige Arbeiten abgeschlossen oder auf den Weg gebracht. Ich erwähne hier die Kommissionen für Bau- und Kunstgeschichte im niedersächsischen Raum (mit einer Vorahnung des künftigen Wegfalls der Grenze), für Umwelt und Technik sowie für Recht und Technik.

Ihre eigenen Wurzeln haben Sie in Braunschweig, wo Sie während der Kriegszeit auch Vortragsveranstaltungen der BWG besucht haben, doch sind Sie als Geograph weit in der Welt herumgekommen, nicht nur räumlich durch Studium und Forschungsreisen, sondern auch nach Art Ihrer Tätigkeit. Es wird nur wenigen bekannt sein, daß Sie, wenn auch vorübergehend, als Flugzeugführer und Kfz-Mechaniker aktiv waren; auf Ihre Zeit als Maurer sollen sogar einige kleinere Bauwerke in Braunschweig zurückgehen, darunter ein handgemauerter Rundbogen in der Schleinitzstraße. (Vielleicht wären diese Objekte einer baugeschichtlichen Studie zum Renaissance-Stil der späten 40er Jahre des Novecento würdig).

Gewiß war es die Aufgeschlossenheit und weltmännische Erfahrung des praktisch denkenden Wissenschaftlers, die Sie immer das rechte Wort finden ließen, innerhalb der BWG, wenn es darum ging, verschiedene Meinungen zu einer Synthese zu führen und außerhalb, wo es galt, der BWG ihren Platz unter den wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien zu sichern. Lieber Herr Oberbeck, wir wünschen Ihnen nun Zeit für die Familie und Freude an den Arbeiten, die Sie sich vorgenommen haben; dennoch hoffen wir, Sie möglichst oft zu unseren Sitzungen begrüßen zu können.

Die BWG ist eine der wenigen wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien, in denen auch die technischen Wissenschaften vertreten sind. So ist es denn unvermeidlich, daß gelegentlich auch ein Ingenieur zu ihrem Präsidenten gewählt wird; es gibt dafür einige bemerkenswerte Beispiele in der Geschichte der BWG. Normalerweise zögern Ingenieure, solche öffentlichen Ämter zu übernehmen, für die wir uns wegen unserer beruflichen Orientierung am Speziellen und Konkreten nicht vorbereitet fühlen; wir sind

---

\* Ansprache und wissenschaftlicher Vortrag bei der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 15. Januar 1993.

selten strategische Denker und haben eine Scheu vor den unübersichtlichen gesellschaftlichen und politischen Problemen. Nachdem Sie mir aber nun durch die Wahl Ihr Vertrauen erwiesen haben, werde ich nach Kräften zum Wohl der BWG wirken. Dabei möchte ich um Ihre Unterstützung bitten; ohne aktive Teilnahme ihrer Mitglieder kann die Wissenschaftliche Gesellschaft nicht gedeihen.

Es ist üblich, daß ein neugewählter Präsident sich mit einem kurzen Vortrag aus seinem Fachgebiet vorstellt, der naturgemäß auch Fernerstehende ansprechen sollte. Ich habe hierfür ein Thema aus dem Gebiet der elektrischen Energietechnik gewählt, die für uns alle von großer Bedeutung ist.



auch in Dänemark, wo viele Windkraftanlagen arbeiten, liegt ihr Anteil bei 2 %, der Rest stammt aus thermischen Kraftwerken. Die oft zu hörende Forderung nach einem schnellen Ausstieg aus der Kernenergie stößt sich deshalb an der harten Realität: abgesehen von wirtschaftlichen Folgen, wäre er nur bei Inkaufnahme erhöhter CO<sub>2</sub>-Produktion erreichbar, was schlimme Auswirkungen auf die Umwelt hätte. Diese unerfreuliche Alternative ließe sich zwar durch rigoroses Energiesparen, d. h. Verzicht auf manche Annehmlichkeiten unseres Lebens auflösen; wenn man sich aber an die jahrelange Diskussion über eine allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung auf den Autobahnen erinnert, so ist zu vermuten, daß die meisten Bürger nicht bereit wären, freiwillig auch nur geringe Einschränkungen hinzunehmen. Man müßte schon Zwang anwenden, was Politiker mit Blick auf die nächste Wahl nicht schätzen. Ein kürzlich veröffentlichtes „Ausstiegs-Szenario“ für das Land Niedersachsen enthielt den Vorschlag, kurzerhand die Stromlieferungen nach Nordrhein-Westfalen einzuschränken, um die niedersächsische CO<sub>2</sub>-Bilanz nach einem „Ausstieg“ zu schönen; dies gibt einen Hinweis auf die Fragwürdigkeit solcher Konzepte.

Elektrizität ist eine besonders hochwertige Form von Energie, denn sie läßt sich

- aus allen Primärenergien, weit entfernt vom Verbraucher, und bei bestmöglicher Rücksichtnahme auf die Umwelt gewinnen,
- materiefrei und verlustarm über weite Entfernungen übertragen, verteilen sowie
- in jede beliebige Endform zurückverwandeln.

Ein elektrisches Netz macht diese aufbereitete Energie verfügbar, indem alle Primärenergien alle Arten von Endverbrauchern versorgen. Da elektrische Energie selbst nicht nennenswert speicherbar ist, bietet das Netz mit seinen rotierenden Maschinen einen kurzfristigen Ausgleich für die schnellen Schwankungen der gelieferten und bezogenen Leistungen; bei längerfristigen Veränderungen des Bedarfs oder bei Netzstörungen sind regelnde Eingriffe in den Kraftwerken nötig.

Ausgehend von kleinen städtischen und regionalen Netzen haben sich im Lauf von hundert Jahren große Verbundnetze entwickelt, die sich heute über ganze Kontinente erstrecken. Das westeuropäische Netz reicht von der Südspitze Spaniens unter Einschluß von Sizilien und Teilen Dänemarks bis zum Peloponnes, gegenwärtig mit kriegsbedingten Unterbrechungen auf dem Balkan; man kann es mit einer großen Transmissionswelle vergleichen, die alle Generatoren bei endlichen und wechselnden Winkelverdrehungen synchron verbindet. Je größer das Netz ist, desto leichter kann es unerwartete Lasten aufnehmen oder mit Störungen fertigwerden. Auch werden tageszeitliche Verschiebungen im Verbraucherverhalten ausgeglichen, so daß die vorhandenen Anlagen sich besser nutzen lassen. Im Bild 2 ist das dichte Netz der Hochspannungsleitungen gezeigt, dem regionale und lokale Netze niedriger Spannungen unterlagert sind, bis hin zu den Anschlüssen im einzelnen Haushalt. Die neuen Bundesländer sind noch mit dem osteuropäischen Netz verbunden; demnächst, wenn die nötigen Leitungen fertiggestellt sind, soll die Umschaltung an das westeuropäische Netz erfolgen. In den osteuropäischen Nachbarländern besteht der gleiche Wunsch, doch wird es einige Zeit dauern, bis die dafür nötigen technischen Voraussetzungen geschaffen sind.

**SCHEMA SIMPLIFIE DES INTERCONNECTIONS  
DES PAYS DE L'U.C.P.T.E**

VEREINFACHTES SCHEMA DES VERBUNDNETZES  
DER UCTPTE-LÄNDER

SIMPLIFIED DIAGRAM OF THE INTERCONNECTED NETWORK  
OF THE U.C.P.T.E. COUNTRIES

31.XII.92

Les sons représentés par les lettres à 280 Hz et à 220 Hz les plus voyelles, avec l'acrophonie extrême = le nombre de cycles existant entre deux voyelles.

Les lignes franchissant les frontières à tension  $\pm 150$  kV sont représentées groupées. Une liste des groupes à l'annexe B.

Umgetragene und die wichtigsten 380 kV und 220 kV Umspannungen, mit allen Angaben über Art und Lage der zu versichernden Anlagen, bestehendes Stromnetz.

<sup>3</sup> Only the most important 140 kV and 220 kV lines are highlighted, with the complete network available in appendix 3.

The transformer was with a voltage = 150 kV and immersed at various (see details of the groups in the article). 0

340 kV                      777 kV                      1.150 kV

— COARSE COARSE  
1 GU 1 GU  
FINE FINE

n den Messungen erhält man eine Messungserfolge Stromflussrichtung von

In the reports 300-1 FM if each get those done in the direction of the arrows are given a plus sign

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 84

PORTUGAL

№ 100578

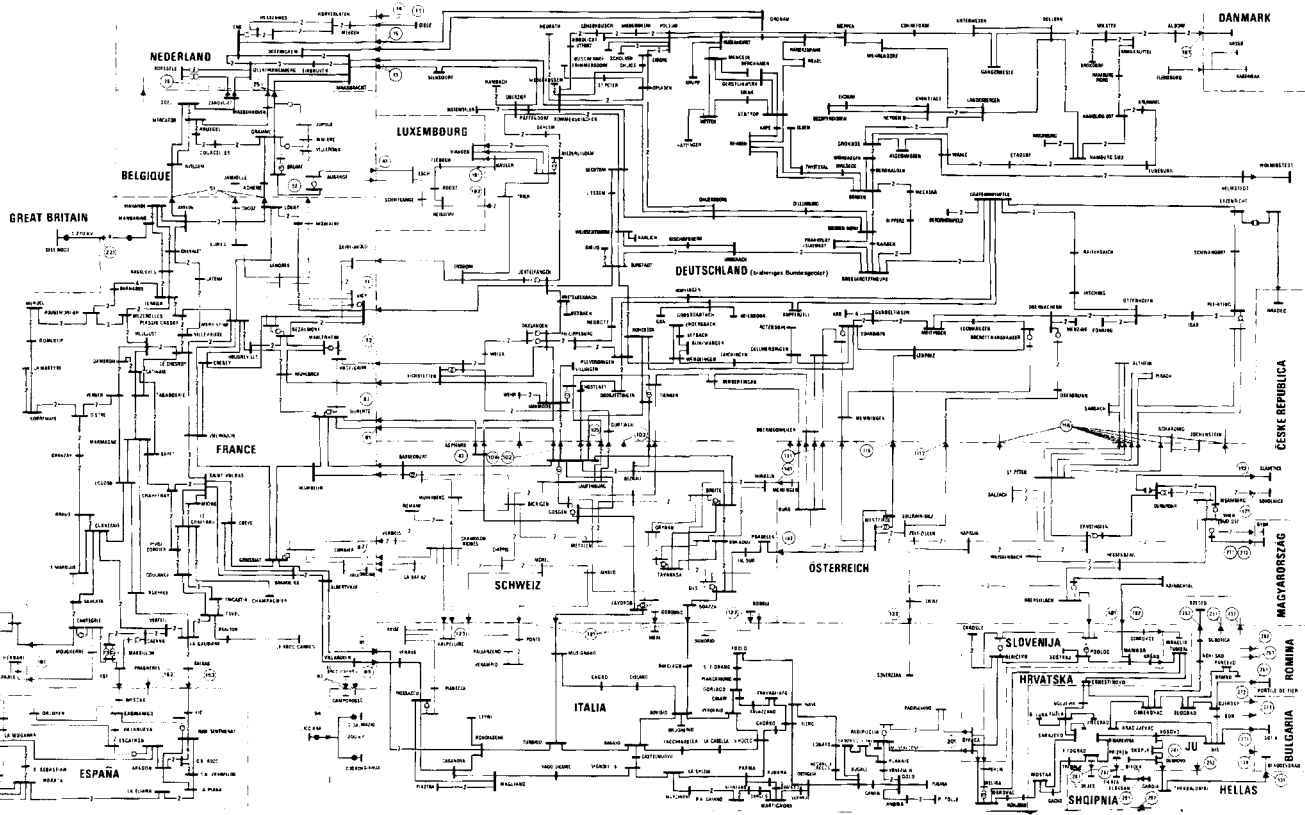


Bild 2

### Westeuropäisches Hochspannungs-Verbundnetz

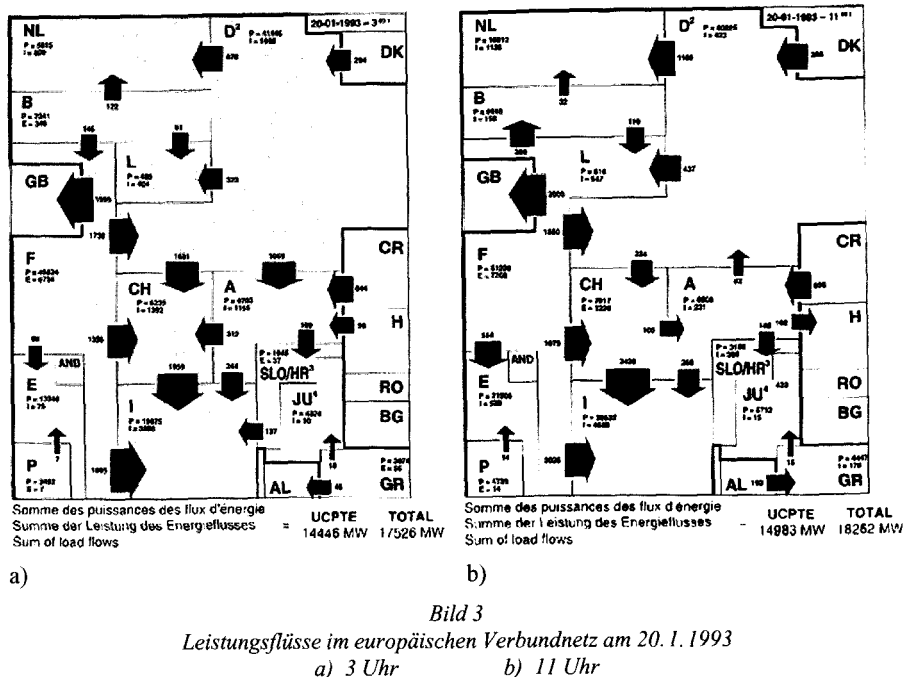


Bild 3  
Leistungsfüsse im europäischen Verbundnetz am 20.1.1993  
a) 3 Uhr b) 11 Uhr

Im Hochspannungsnetz bilden sich Leistungsflüsse aus, die physikalischen Gesetzen folgen und ohne politische Interventionen oder Grenzkontrollen einen Lastausgleich bewirken. Der grenzenlose „Spot-Markt“ für elektrische Energie ist also seit langem Realität. Natürlich kann es aber nicht Ziel einer rationellen Betriebsführung in dem verschiedenen Staaten und Versorgungsunternehmen gehörenden Verbundnetz sein, den Energiefluß, der sich auf die Belastung der Kraftwerke, Leitungen, Schalter und Transformatoren auswirkt, Zufälligkeiten zu überlassen. Deshalb sind an allen Knoten des Netzes, insbesondere in den Kraftwerken und Umspannstationen, Regelanmaßnahmen notwendig, um die Leistungen in die gewünschten Bahnen zu lenken; ein Ergebnis ist als Augenblicksaufnahme in Bild 3 zu sehen.

Es zeigt die über die Kuppelleitungen fließenden und über einige Minuten gemittelten Austauschleistungen als konsolidierte Energieströme. Man erkennt in beiden Zeitintervallen Export- und Importländer für elektrische Energie, wobei verschiedene Ursachen bestimmend sein können: In den Alpenländern mit großem Wasserkraftanteil geht die Energielieferung im Winter zurück, so daß thermisch erzeugte Energie importiert werden muß, während sich bei der Schneeschmelze im Frühjahr ein exportfähiges Überangebot einstellt. Es kann sich aber auch um vorübergehende regionale Störungen handeln, die sich auf das Verbundnetz auswirken; so waren z. B. vor einigen Jahren wegen eines plötzlichen Wintereinbruchs mehrere große Kraftwerke in Westfrankreich für einige Stunden außer Betrieb, so daß im Verbundnetz kurzfristig 8000 MW fehlten und von den Partnern geliefert werden mußten, was zu einer kurzzeitigen Frequenzabsenkung

von 0.5 Hz entsprechend 1 %, führte. Ein weiterer Grund für länger dauernde überregionale Energieflüsse kann schließlich ein geplanter und in Lieferverträgen vereinbarter Austausch sein; in Bild 3 überlagern sich alle diese Effekte.

Bei längerfristiger Bilanzierung, etwa über ein Jahr, ist erkennbar, daß sich im Netzverbund ausgeprägte Export- und Importpositionen herausgebildet haben, ähnlich wie das beim Warenaustausch der Fall ist. Frankreich ist zu einem Großexporteur elektrischer Energie vor allem nach Großbritannien (über eine Gleichstrom-Kabelverbindung), nach Italien (direkt und über die Schweiz) und (über Belgien und Deutschland) in die Niederlande geworden; auch in Österreich, das traditionell Exportland war, gibt es inzwischen einen leichten Importüberschuß. In Deutschland ist die elektrische Energiebilanz wegen des derzeit geringeren Bedarfs ausgeglichen.

Wenn man nach den Ursachen fragt, drängt sich der Gedanke an die Energiepolitik der verschiedenen Länder auf. In Italien und Österreich ist die Kernenergie durch Gesetz geächtet, man importiert lieber aus Kernenergie entstandenen Strom, was zwar das Restrisiko nicht beseitigt aber die politische Diskussion erleichtert. In Österreich wurde gar ein betriebsfertiges Kernkraftwerk eingemottet, um Strom von den Nachbarn aus Kraftwerken russischer Bauart zu beziehen, ein besonderer Fall von Selbsttäuschung. Anders ist es in Großbritannien, wo es zwar Kernkraftwerke gibt, möglicherweise aber die niedrigeren Kosten jenseits des Kanals ausschlaggebend sind. Bei uns gibt es wegen mangelnden politischen Konsenses über die weitere Energiepolitik praktisch einen Baustop für Neuanlagen, was dazu führen wird, daß bei einem Wiederanstieg des Bedarfs auch Deutschland zu einem Importland wird; die dafür benötigten Kernkraftwerke stehen unmittelbar jenseits der Landesgrenze schon bereit. Offensichtlich sind selbst in Industrieländern manche Politiker mit vorausschauenden Überlegungen überfordert, weshalb sie außerstande oder nicht willens sind, den Menschen klarzumachen, daß es nicht nur praktisch-wirtschaftliche, sondern auch moralische Grenzen für den Import von Wohlstand und Bequemlichkeit und den ohnehin nur scheinbaren Export von Risiken gibt.

## **Technische Voraussetzungen für einen elektrischen Energiemarkt**

Wie schon erwähnt, folgt der in Bild 3 erkennbare Leistungsfluß zwischen den Partnern im Verbundnetz physikalischen Gesetzen, doch ist dies auch das Ergebnis zahlloser verteilter Regelvorgänge im Netz. Aus der Sicht des Betreibers eines Kraftwerkes oder eines regionalen Teilnetzes interessieren dabei vor allem die technischen Randbedingungen für einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb. Hier ist zu bedenken, daß ein thermisches Kraftwerk, fossil oder nuklear, zu den kompliziertesten Anlagen der Technik gehört, vergleichbar einem chemischen Werk oder einer Raffinerie. In einem neuzeitlichen Kraftwerk werden mehrere tausend physikalische Größen meßtechnisch erfaßt und von lokalen Regelungen auf vorgegebenen, z. B. lastabhängigen Sollwerten gehalten. Nur so ist es möglich, die zulässigen Material- und Sicherheitsgrenzen einzuhalten, andererseits die Anlagen aber auslegungsgemäß, d. h. wirtschaftlich zu betreiben. Bei den



Meßgrößen handelt es sich um physikalische Größen aller Art, etwa Spannungen, Ströme und Leistungen, Drehzahlen und Frequenzen, Füllstände, Drücke und Temperaturen bis hin zu Stoffkonzentrationen im Kesselspeisewasser und Rauchgas. Ähnlich ist es in den Umspannstationen, wo vorzugsweise elektrische Größen, wie Spannungen und Blindleistungen über Stufentransformatoren und Leistungsschalter gesteuert werden.

An die zugehörigen Steuerungs- und Regelungssysteme, die heute meist elektronisch und dank der Entwicklung der Mikroelektronik zunehmend digital arbeiten, werden ganz unterschiedliche dynamische Anforderungen gestellt. Manche Größen, etwa Temperaturen, ändern sich nur langsam, andere dagegen sehr schnell, was entsprechend reaktionsfähige Meß- und Regelgeräte voraussetzt. Um z. B. nach Blitzzeinschlag in eine Freileitung die Störungsstelle innerhalb einer Netzperiode,  $1/50$  sec, lokalisieren und gegebenenfalls das betroffene Leitungsstück abschalten zu können, sind hochentwickelte Analyseprogramme erforderlich, die in den Schutzgeräten auf leistungsfähigen Mikrorechnern ablaufen. Bei größeren Netzstörungen massieren sich in den Netzleitstellen die Störungsmeldungen so, daß die menschliche Reaktionsfähigkeit überfordert ist und nur automatisierte Schutzzeineinrichtungen Aussicht auf Erfolg bieten.

Nachdem die Funktionsfähigkeit der Anlagen auf betrieblicher Ebene, und damit auch die kurzfristige Nachbarschaftshilfe der Netzparker im Störfall, gewährleistet ist, stellt sich die Frage, wie die Kraftwerke eines regionalen oder nationalen Teilnetzes im konkreten Fall betrieben werden sollen. Dies ist Gegenstand von Zustandsanalysen und Entscheidungen in den Netzleitstellen, wobei die Auswirkungen aller denkbaren Störfälle zu untersuchen sind, um die vorhandenen Sicherheitsreserven abzuschätzen und gegebenenfalls Abhilfemaßnahmen zu ergreifen; Lastprognosen sind auszuwerten, um Generatoren rechtzeitig ans Netz zu bringen oder stillzusetzen. Einen längeren Zeithorizont haben dagegen wirtschaftliche Optimierungsrechnungen; da jedes Kraftwerk eine andere Kostenstruktur aufweist, muß – immer unter Aufrechterhaltung eines sicheren Netzzustandes – eine Betriebsweise mit geringsten Gesamtkosten gesucht werden. Der Umfang solcher Rechnungen ist erheblich, wenn man die verschiedenen Arten von Kraftwerken bedenkt (fossil, nuklear, Wasserkraft ohne und mit Pumpbetrieb, usw.), ihre jeweiligen Betriebszustände, die Topologie des Netzes, was Einfluß auf die Stabilität und die Übertragungsverluste hat, und schließlich die veränderliche Preisgestaltung zu Spitzen- und Nebenzeiten. Elektrische Energieversorgungsunternehmen gehörten in den 60er Jahren zu den Pionieren der Datenverarbeitung in großem Stil, die die Entwicklung dieser Technik mitbestimmt haben. Die Steuerung und Regelung in der elektrischen Energieversorgung setzt eine schnelle und sichere Übertragung von Meß- und Stellsignalen mit Kabeln und Funkverbindungen über weite Entfernungen voraus; eine neue Entwicklung sind in die Hochspannungsleitungen integrierte Lichtleiter.

Nachdem in den regionalen Teilnetzen die Voraussetzungen für einen Parallelbetrieb am Verbundnetz geschaffen sind, kann auch ein gezielter und auf festen Lieferverträgen basierender Transfer von Energie zwischen den Teilnetzen stattfinden. Im einfachsten Fall wird dazu die Kraftwerksleistung im Liefernetz erhöht und im Empfangsnetz reduziert; die elektrische Leistung fließt dann, wie in einem vermaschten Rohrleitungsnetz, auf den Wegen geringsten Widerstandes in die gewünschte Richtung. Dabei werden be-

nachbarte Teilnetze tangiert, auf deren Leitungen sich die Leistungen ändern; möglicherweise können sich auch örtliche Überlastungen einstellen, was durch transformatorisch eingekoppelte Zusatzspannungen korrigiert werden muß. Für einen überregionalen Energietransport ist deshalb die Zustimmung aller betroffenen Partner notwendig.

Im Rahmen des gemeinsamen europäischen Marktes werden weitergehende Vorstellungen eines völlig freien Zugangs zum Verbundnetz diskutiert, der es z. B. einem Energieversorgungsunternehmen ermöglichen würde, einen Sondertarif-Liefervertrag mit einem Großabnehmer in einem nicht angrenzenden Land abzuschließen und die Leistung über das anderen Partnern gehörende Verbundnetz zu schicken. Die organisatorischen, rechtlichen und finanziellen Fragen eines völlig liberalisierten Energiemarktes sind noch ungeklärt; es kann noch lange dauern, bis eine für alle Beteiligten annehmbare Lösung gefunden ist. Die Erfahrungen bei der Liberalisierung des Flugverkehrs und des straßengebundenen Güterverkehrs werden zweifellos wertvolle Hinweise geben.

### **Geregelte elektromechanische Energiewandlung**

Die größte Gruppe von Verbrauchern, die etwa die Hälfte der in einem Industrieland erzeugten elektrischen Energie aufnehmen und in mechanische Arbeit zurückverwandeln, sind elektrische Maschinen aller Art, Bild 1. Bei Produktions- und Umformprozessen, Transportvorgängen für Personen und Güter, aber auch als unermüdliche Helfer im Haushalt, von Waschmaschinen bis hin zu elektrischen Uhren und Videorecordern, ist mechanische Arbeit in verschiedenster Form unentbehrlich. Der Leistungsbereich elektrischer Maschinen überdeckt mehr als acht Größenordnungen; Zentrifugen erfordern Drehzahlen über 100 000 Umdrehungen je Minute, langsamlaufende getriebelose Erzmühlen dagegen Drehmomente über 1000 Metertonnen, entsprechend dem Gewicht eines Autos an einem Hebelarm von 1 km Länge; es gibt kein anderes Antriebsprinzip, das in der Lage wäre, einen derartig weiten Bereich zu überdecken. Allerdings benötigen die Antriebe eine kontinuierliche elektrische Energiezufuhr, was Einschränkungen bei Fahrzeugen bedeutet; da ein heutiger elektrochemischer Speicher das 50fache Gewicht eines Treibstofftanks vergleichbaren Energieinhalts aufweist, gibt es noch keine freizügig verwendbaren Elektrofahrzeuge. Anders ist es bei spurgeführten Verkehrsmitteln mit Stromzufuhr, hier ist der elektrische Antrieb allen anderen überlegen.

Elektrische Antriebe haben unsere Lebensform entscheidend geprägt. Ballungszentren und Bürohochhäuser ohne ein leistungsfähiges Nahverkehrssystem und elektrisch angetriebene Aufzüge wären nicht lebensfähig und auf elektrische Hausgeräte will niemand verzichten. 1991 ist, im Gegensatz zur Industrie, wo man zu energiesparenden Produktionsverfahren übergeht, der in den Haushalten verbrauchte Strom, entsprechend einem Viertel der gesamten elektrischen Energie, nochmals um 5 % angestiegen; hier gibt es keinerlei Akzeptanzprobleme, denn körperliche Mühen sind nur willkommen, wenn man sie freiwillig erbringt. (Ohne allzugroße Übertreibung könnte man behaupten, daß die elektrische Waschmaschine den Menschen, vor allem Frauen, mehr an persönlicher Selbstbestimmung gebracht hat, als alle politischen Befreiungsprogramme seit der französischen Revolution.)

Der größte Teil der elektromechanischen Energiewandler sind sog. Konstantantriebe, deren Drehzahlen unverändert bleiben, etwa Pumpen in Speicherkraftwerken, Rolltreppen oder Kühlgebläse, die keiner Regelung bedürfen. Anders ist es bei einer kleineren, aber wachsenden Gruppe von sog. Regelantrieben, deren Drehmoment und Drehzahl an die Last anzupassen sind. Anlaß kann der Wunsch nach Energieeinsparung bei Teillast sein oder Forderungen der Automatisierung, z. B. wenn die Antriebsmotoren von Werkzeugmaschinen genau koordinierte Bewegungen auszuführen haben. Hier geht die Tendenz seit langem zu verteilten Antrieben, indem die verschiedenen Arbeitsachsen nicht mehr von einer gemeinsamen Welle, sondern vielen separaten Motoren angetrieben werden, die nur noch elektronisch gekoppelt sind. Große Papiermaschinen, die 10 m breites Zeitungspapier mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h erzeugen, haben 20 und mehr Teilantriebe, deren Drehzahlen aufs genaueste abgestimmt sein müssen, um Faltenbildung oder ein Reißen der Papierbahn zu vermeiden. Bei Robotern hat jede Achse einen eigenen unabhängigen Antriebsmotor, der vorberechnete Bewegungen so auszuführen hat, daß sich insgesamt die gewünschte räumliche Bahnkurve einstellt und die Roboterhand mit Werkzeug eine vorgegebene Lage und Orientierung einnimmt. Oft sind die Antriebsmotore in die Arbeitsmaschine integriert, um mechanische Leistung genau an der Stelle und in der Form zu erzeugen, wie die Last sie benötigt.

Dank der Entwicklung der Halbleitertechnik ist das Gebiet der Regelantriebe seit 20 Jahren in einer völligen Umwälzung begriffen. Dies hängt mit der Ablösung der bisher dominierenden Gleichstrommaschine zusammen, die zwar ideale Regeleigenschaften aufweist, deren mechanischer Stromwandler aber die Drehzahlen und Leistungen begrenzt. Bei Drehstrom-Regelantrieben entfallen solche Einschränkungen, da die Stromwendung außerhalb der Maschine in einem ruhenden Umrichter erfolgt. Die wesentlichen Umrichter-Bauelemente sind elektronische Schalter, d. h. Halbleiterplättchen, deren elektrischer Widerstand durch ein kleines Steuersignal verändert werden kann. Ein Beispiel sind sog. Thyristoren, bei denen dotierte Si-Einkristalle im „nichtleitenden“ Zustand eine Spannung über 5000 V sperren und im „leitenden“ Zustand einen Strom von 5000 A, kurzzeitig auch 50 000 A, führen können. Der wirksame Widerstand der Halbleiterzelle ändert sich dabei um mehr als neun Größenordnungen. Durch schnelles periodisches Schalten dieser Elemente lassen sich die Spannungen und Ströme, und damit Drehzahl und Drehmoment der Motoren, freizügig steuern. Es gibt heute Halbleiterschalter für die verschiedensten Spannungs- und Strombereiche; bei genügend kurzer Umschaltzeit kann man die Schaltfrequenz der Umrichter bis in den 10 kHz-Bereich steigern, um die Reaktionsgeschwindigkeit der Antriebe zu erhöhen. Servoantriebe kleiner Leistung (< 10 kW), wie sie als Vorschubantriebe in Werkzeugmaschinen verwendet werden, haben Reaktionszeiten für das Drehmoment unter  $1/1000$  sec, so daß auch höchste dynamische Anforderungen erfüllbar sind. Bei großen Drehstrom-Bahnantrieben (bis 1600 kW je Antriebsachse) liegen die erreichbaren Schaltfrequenzen deutlich niedriger, unter 1 kHz; dennoch läßt sich mit einer schnellen Drehmomentregelung ein Durchdrehen der Räder beim Anfahren oder das Blockieren beim Bremsen verhindern. Dies erhöht, verglichen mit früheren Antrieben, die maximale Zugkraft bei gegebener Radlast, was zu einem geringeren Gewicht der Lokomotive und reduzierten Leistungsverlusten führt.

Ein zweiter Bereich, wo die Halbleitertechnik wesentliche Fortschritte für elektrische Antriebe gebracht hat, ist deren Steuerung und Regelung. Drehstrommaschinen haben eine viel kompliziertere dynamische Struktur als Gleichstrommaschinen, was die Regelung anfangs sehr erschwerte. Hier haben mikroelektronische Bauelemente, insbesondere Mikroprozessoren, deren aktive Zellen ebenfalls aus Si-Einkristallen bestehen, die Möglichkeit geschaffen, viele der nichtlinearen Steuerfunktionen zu digitalisieren und damit einer programmiertechnischen Lösung zugänglich zu machen. Der mögliche Umfang der Signalverarbeitung und die erreichbare Flexibilität haben sich damit in kaum vorstellbarer Weise erweitert, ohne daß der Aufwand entsprechend angestiegen ist. Bild 4 macht dies deutlich; der gezeigte Mikrorechner mit zwei Mikroprozessoren ist im Prinzip in der Lage, je Sekunde 10 Millionen Gleitkomma-Multiplikationen auszuführen. Beide Versionen der Halbleitertechnik, Leistungselektronik bei den Umrichtern und Mikroelektronik bei der Signalverarbeitung, waren für den heutigen Stand der Drehstrom-Antriebstechnik von entscheidender Bedeutung.

Der bei der Regelung eines elektromechanischen Systems manchmal notwendige Aufwand an Echtzeit-Signalverarbeitung sei an dem in Bild 5 gezeichneten Schema eines dreiachsigen Roboters illustriert. Das angedeutete Gerät (industrielle Roboter haben meist sechs oder mehr Achsen, um außer dem Ort auch die Orientierung der Roboterhand vorgeben zu können) wird durch elektrische Servomotoren angetrieben, die über Untersetzungsgetriebe Drehmomente an den Gelenken erzeugen und vorgegebene Drehwinkel einstellen. Durch Vorgabe der Drehwinkel kann somit die Hand des Roboters auf einer gewünschten Bahn im kartesischen Raum bewegt werden, wobei der Zusammenhang zwischen Gelenkwinkeln und Raumkoordinaten durch einen Satz nichtlinearer Transformationsgleichungen gegeben ist. Im Betrieb des Roboters ist das inverse Problem zu lösen: Die durch die Aufgabenstellung definierte kartesische Bahn der Roboterhand, z. B. längs einer Schweißnaht, muß durch Vorgabe der erforderlichen Ge-

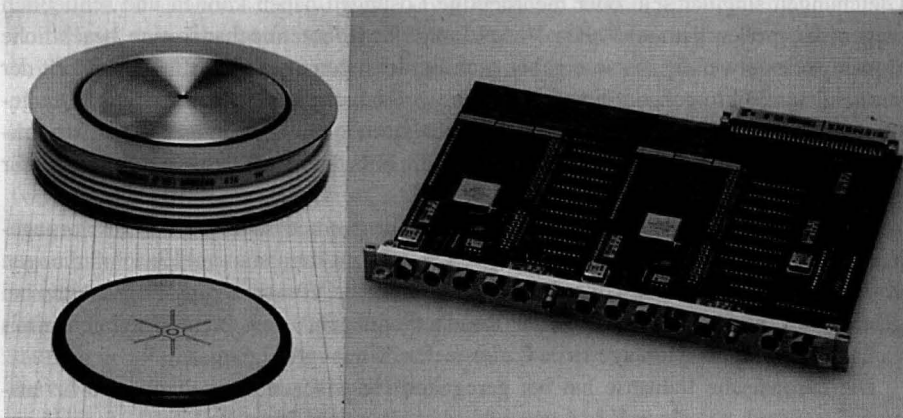


Bild 4

Leistungselektronischer Schalter und Mikrorechner

## Hin-Transformation

$$x_1 = [r_2 \cos \varepsilon_2 + r_3 \cos (\varepsilon_2 + \varepsilon_3)] \cos \varepsilon_1$$

$$x_2 = [r_2 \cos \varepsilon_2 + r_3 \cos (\varepsilon_2 + \varepsilon_3)] \sin \varepsilon_1$$

$$x_3 = r_2 \sin \varepsilon_2 + r_3 (\varepsilon_2 + \varepsilon_3)$$

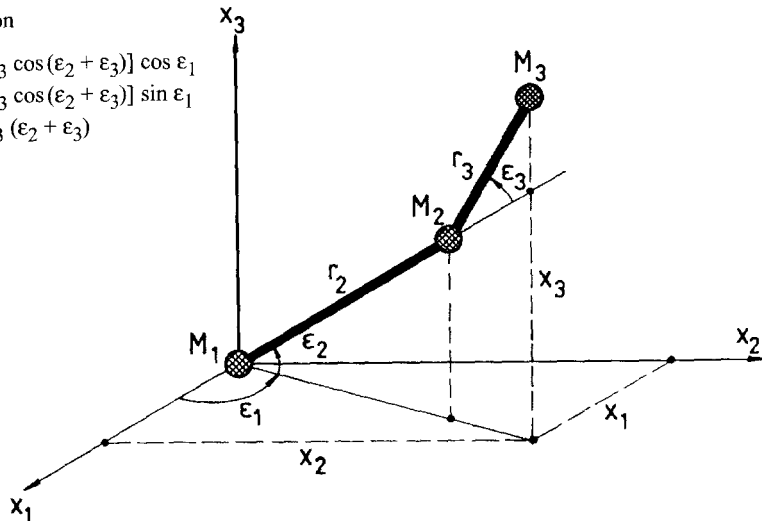


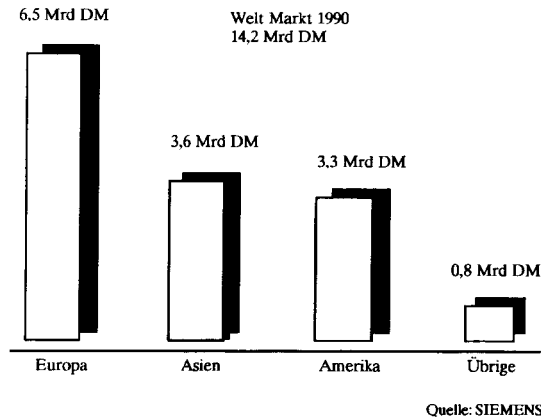
Bild 5

*Schema eines dreiaxigen Gelenkroboters*

lenkwinkel erzeugt werden. Die Transformationsgleichungen sind also für veränderliche kartesische Werte  $x(t)$  nach den notwendigen Gelenkwinkeln  $\alpha(t)$  aufzulösen, was wegen der Nichtlinearität der Gleichungen nicht geschlossen möglich ist. Hinzu kommt, daß diese Rechnung außerordentlich schnell erfolgen muß; für eine geschmeidige und reaktionsfähige Bahnführung des Roboters ist es wünschenswert, die im Rhythmus von  $1/1000$  sec arbeitenden Winkelregler in jedem Abtastzyklus mit neuen Winkelsollwerten zu versorgen. Bedenkt man, daß noch drei Richtungs-Freiheitsgrade hinzukommen, die Gleichungen singular sein oder mehrdeutige Lösungen haben können und schließlich wegen der großen geometrischen Verstärkung der Robotermechanik eine beachtliche Genauigkeit notwendig ist, so ergeben sich Forderungen an die Leistungsfähigkeit der verwendeten Mikrorechner, die noch vor wenigen Jahren Großrechnern angemessen gewesen wären. Schließlich soll das Ganze auch zu möglichst geringen Kosten verwirklicht werden, da es sich ja nicht um Geräte für die Forschung, sondern um Maschinen für eine rationellere Produktion handelt.

Wenn einige oder alle Bewegungsachsen anstelle geometrischer Bahnen auf vorgegebene Drehmoment- oder Kraftverläufe geregelt werden, kann man mit Einschränkungen von einem Roboter mit Tastsinn sprechen. Dies ist eine Voraussetzung für Arbeiten bei geometrisch nicht genau definierten Randbedingungen, etwa beim Entgraten eines Gußstückes oder der Montage eines Rades in der Fahrzeugfertigung.

Die europäische Industrie hat bei geregelten elektrischen Antrieben einen herausragenden Stand, wie die in Bild 6 gezeigte Marktübersicht erkennen läßt. Auf vielen anderen Gebieten der Technik ist die Situation leider ungünstiger; dort ist Europa längst an die zweite oder dritte Stelle zurückgefallen.



*Bild 6*  
*Weltmarkt bei geregelten elektrischen Antrieben*

### **Energieeinsatz und Automatisierung ohne Grenzen?**

Angesichts der atemraubenden Evolution bei der Umwandlung elektrischer Energie und ihrer Steuerung und Regelung stellt sich natürlich die Frage, ob ein Ende dieser Entwicklung abzusehen ist. Da die physikalischen Grenzen, insbesondere in der Mikroelektronik, noch nicht erreicht sind, könnte man an automatische Fabriken, Verkehrssysteme für unbegrenzte Mobilität, oder an intelligente und willige Diener in Haushalt und Büro denken. Es hat nicht an Visionen gefehlt, was eines Tages alles zu erwarten sei, um das Leben noch angenehmer, müheloser und abwechslungsreicher zu machen. Dennoch verbreiten sich, auch unter sonst zum Optimismus neigenden Ingenieuren, Zweifel, ob das alles sinnvoll und wünschenswert ist. Gewiß bedeutet Technik immer noch humanitären Fortschritt, da sie den Menschen von körperlicher Fron befreit und ihm ermöglicht, seine Kräfte Höherem zuzuwenden; das gilt heute wie vor hundert Jahren. Aber ist das von allen körperlichen und geistigen Anstrengungen befreite mühelose Leben wirklich ein erstrebenswertes Ziel? Hinzu kommt, daß die Technik bei konzentriertem Einsatz auch als Bedrohung empfunden wird. Wie ein Medikament ist sie ambivalent, denn es hängt von Anwendung und Dosierung ab, welche Wirkungen überwiegen. Mit Hubschraubern lassen sich Menschen retten, aber auch Kriege führen, und das Fernsehen kann Bildung vermitteln oder Einsamen und Kranken eine Hilfe sein, sie kann aber auch eine verantwortliche Erziehung vereiteln. Natürlich kann man Flugzeugkonstrukteure nicht für den kriegereischen Einsatz von Hubschraubern und Nachrichtentechniker nicht für die Gestaltung von Fernsehprogrammen verantwortlich machen, vielmehr kommt es immer auf die Nutzung der technischen Möglichkeiten an.

Auch nehmen die Zweifel zu, ob wir künftig zum verantwortlichen Umgang mit der Technik immer in der Lage sein werden. Erinnern wir uns an die Aufbruchstimmung bis zur ersten Energiekrise vor zwanzig Jahren, Armstrong auf dem Mond, immer kühnere

Bauwerke, autogerechte Städte – und schauen wir uns heute manche von Vandalen heimgesuchte Innenstädte und Hochschulquartiere an! In automatischen Verkehrssystemen, die technisch möglich, wegen des ausufernden Autoverkehrs wünschenswert und angesichts eines Personalkostenanteils von 70 % im heutigen öffentlichen Personen-Nahverkehr vielleicht sogar kostendeckend wären, bestünde kein Bedarf für Zugführer und Schaffner, dafür um so mehr für Wachpersonal und Polizisten; offenbar sind wir außerstande, unsere Erziehungsprobleme zu lösen. Hier sind die Grenzen des Fortschritts mit Händen zu greifen.

Wie wären solche Fehlentwicklungen zu korrigieren? Sicher nicht durch Rückkehr zum einfachen ländlichen Leben, Entzug der industriellen Basis, Rationierung von Energie, Stromabschaltung oder Vervielfachung der Energiepreise; angesichts unserer heutigen Bevölkerungsdichte könnten bürgerkriegsähnliche Verteilungskämpfe die Folge sein. Und was soll aus den Menschen in der Dritten Welt werden, die sich alle ein besseres Leben von der Technik erhoffen? Diese zu verteufeln und gleichzeitig von der scheinbar sicheren Warte des Industrielandes für die eigene Bequemlichkeit zu nutzen, wäre allzu kurzsichtig und egoistisch. Wenn überhaupt, lassen die zu beobachtenden Schwierigkeiten sich nur gemeinsam beheben; Geistes- und Sozial-Wissenschaften sind dabei ebenso gefordert wie Erzieher und Ingenieure, denen man den schwarzen Peter oft allein zuschiebt. Hoffen wir, daß die Menschheit, die bei der Entwicklung der Technik soviel Einfaltsreichtum erkennen ließ, auch zur Lösung der Folgeprobleme fähig ist. Die Humanisierung des Umgangs mit der Technik ist eine Zukunftsaufgabe, die uns alle angeht.

---

Prof. (em.) Dr.-Ing. Dr. h. c. Werner Leonhard  
Am Schiefen Berge 32 · 38302 Wolfenbüttel

ULRICH WANNAGAT

**Schlußworte**

Lieber Herr Leonhard: Sie haben dem scheidenden Präsidenten gedankt. Mein Vorrecht ist, als Erster Ihnen als dem neuen Präsidenten im Namen aller Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft eine glückliche Hand für Ihre Amtsjahre zu wünschen.

Wissenschaft und Technik, die Sie gerade an einem Beispiel Ihrer Fachrichtung so überzeugend darzustellen wußten, stehen zur Zeit nicht hoch im Kurs. Zu viele Scharlatane haben sich dieser – gesetzlich nicht geschützten – Begriffe bemächtigt, und Medien wie Politiker hören ihnen nur allzu willfährig zu.

Bertrand Russell, der große Philosoph, hat einmal – sinngemäß – gesagt: Die Menschheit wird bald untergehen. Aber sie wird nicht untergehen durch radioaktive Verstrahlung oder durch Umweltverschmutzung, sie wird untergehen, weil die Narren heute so selbstsicher und die Weisen so voller Zweifel sind. Tun wir unser Bestes, um den Narren etwas von ihrer Selbstsicherheit zu nehmen.

Im Hause der BWG, im Fallersleber Torwall 16, können wir über das heute Gehörte bei einem Glas Sekt und einer kleinen leiblichen Stärkung noch diskutieren. Dazu lade ich Sie als Generalsekretär nun herzlich ein.





GÜNTER MAASS

## Molekulare Medizin – Verpassen wir eine Zukunftschance?

Braunschweig, 14. Mai 1993\*

Als im Jahre 1912 der Zarewitsch Alexander Nikolaus einen nahezu tödlichen Blutsturz erlitt, holten die verzweifelten Eltern den sibirischen Bauern Rasputin zur Hilfe. Dieser empfahl, die Ärzte wegzuschicken. Das war zur damaligen Zeit vermutlich der beste Rat, wurde eine Behandlung doch erst viel später durch Bluttransfusionen möglich, während eine Heilung wohl nur von der Genthherapie zu erwarten ist.

Damit sind wir mitten in der molekularen Medizin, die zum Ziel hat, die subzellulären Ursachen von Erkrankungen in ihren molekularen Mechanismen zu verstehen und zu beschreiben und schließlich auf der Basis dieser Erkenntnisse Strategien für eine Therapie zu entwickeln. Daß die Behandlung der Bluterkrankheit durch Bluttransfusionen nicht die Methode der Wahl war, haben wir spätestens nach der Behandlung mit HIV-infizierten Blutkonserven erfahren müssen. Daß wir heute jedoch in der Lage sind, HIV-verseuchtes Blut zu erkennen, verdanken wir der Molekularbiologie, daß wir zur Behandlung dieser Krankheit kein Fremdblut mehr benötigen, verdanken wir der Gentechnologie. Behandelt wird heute mit dem von der Firma Bayer in Kalifornien gentechnologisch hergestellten Gerinnungs-Faktor VIII. Mit Hilfe der klassischen Genetik wußten wir aus dem Erbgang, daß das für die Bluterkrankheit verantwortliche Gen auf dem X-Chromosom angesiedelt ist, mit Hilfe der molekularen Genetik kennen wir den Ort, an dem es zu suchen ist. Nicht nur in diesem speziellen Fall, sondern allgemein können wir bei Kenntnis des Gens und seines molekularen Defekts unter Einsatz moderner molekularbiologischer Verfahren in pränatalen Gentests die Disposition zu einer Erbkrankheit feststellen und in einem weiteren, zukünftigen Schritt daran denken, das kranke durch Zufügen des gesunden Gens zu substituieren.

In diesem Jahr feiern wir die 40jährige Wiederkehr der Aufklärung der Struktur der DNA. 1953 wurde durch Watson und Crick der Grund zum Verständnis der Speicherung der genetischen Information und ihrer Verarbeitung gelegt. Damit nahm der überwältigende Aufschwung der Molekularbiologie seinen Anfang, der die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts bestimmte wie die Quantenphysik die erste. An der Schwelle des nächsten Jahrtausends stehen wir nunmehr am Beginn der molekularen Medizin, die es uns ermöglicht, Entstehungsursachen von Krankheiten auf molekularer Ebene zu verstehen und die zu der Hoffnung Anlaß gibt, diese auch dort zu behandeln.

Unser menschliches Genom besteht aus 22 paarigen Chromosomen und den beiden Geschlechtschromosomen X und Y. Auf diesen sind unsere Veranlagungen in Form von Genen festgelegt; nach gängiger Vorstellung sollen es ungefähr 100.000 sein. Die Erfor-

---

Zusammenfassung eines auf der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

schung dieser Genomstruktur hat sich das 1986 von den Amerikanern ins Leben gerufene Projekt HUGO zur Aufgabe gemacht, aber auch die Europäer haben versucht, mit verschiedenen Projekten dagegenzusetzen. Ziel dieser ehrgeizigen Projekte ist es, zunächst eine physikalische Karte, d.h. eine Landkarte markanter Punkte auf den Chromosomen zu erstellen, dann die Lage der einzelnen Gene zu fixieren und schließlich diese Buchstabe für Buchstabe zu entschlüsseln. In den USA allein wurden 1991 135 Mio. Dollar für dieses Projekt zur Verfügung gestellt und 1993 werden es vermutlich 200 Mio. Dollar sein. Die europäische Kommission hat für 1991 und 1992 30 Mio. Ecu bewilligt. Hierbei ist das französische Forschungszentrum „Centre d'Étude de Polymorphisme Humaine“ und leider nicht Deutschland federführend.

### *Hormone, Impfstoffe und andere Medikamente*

Unser Organismus ist ein komplexes System, das durch viele, fein aufeinander abgestimmte Reaktionen im stationären Zustand gehalten wird. Daran beteiligt sind viele körpereigene Stoffe, vornehmlich Proteine, die für das fehlerfreie Funktionieren dieses Uhrwerks sorgen. Störungen im Konzentrationsverhältnis der einzelnen Partner können erhebliche Konsequenzen nach sich ziehen. Denken Sie an den Diabetes, bei dem die Insulinproduktion gestört ist, oder wiederum an den Bluter, der keinen Faktor VIII synthetisiert, um nur wenige Beispiele zu nennen. Diese fehlenden Faktoren aus dem Blut Gesunder zu gewinnen ist nicht nur extrem aufwendig, sondern unter Umständen auch für den Empfänger mit gesundheitlichen Risiken behaftet (HIV-Infektion). Die gentechnologische Produktion dieser und vieler weiterer körpereigenen Wirkstoffe ermöglicht es, solche Risiken zu vermeiden. Allein in den USA waren 1992 400 gentechnologisch hergestellte Präparate in der klinischen Prüfung. Zu den Rennern gehören das Erythropoietin (EPO) und ein Impfstoff gegen das Hepatitis-B-Virus. EPO wird zur Behandlung bei nahezu allen Arten von Anämien eingesetzt, insbesondere bei Dialysepatienten und bei schwersten Unfallverletzungen. Durch EPO werden die im Blut vorhandenen Vorläuferzellen zum Wachsen angeregt, wodurch wieder eine nahezu normale Sauerstoffkapazität hergestellt werden kann. Der Umsatz des in den USA hergestellten EPO betrug 1991 ca. 700 Millionen Dollar. Ähnlich ist es mit dem bereits erwähnten Blugerinnungsfaktor VIII, mit dem die Bayer AG in diesem Jahr einen Umsatz von 150 Millionen DM erwartet. Diese Aufzählung ließe sich fortsetzen.

### *Molekulare Medizin im Einsatz gegen den Krebs*

Trotz gezielter und substantieller Förderung zeigten sich in der Krebsforschung über viele Jahre hinweg keine wirklichen Durchbrüche in der Therapie, obwohl nahezu jede denkbare Chemikalie auf ihre wachstumshemmenden Eigenschaften geprüft wurde. Die gängigen Behandlungsformen von Krebs mit Stahl, Strahl und Chemie sind jedoch gerade bei den häufigsten Krebsarten wie Lungen-, Dickdarm-, Magen- und Brustkrebs we-

nig erfolgreich. Erst durch die molekularbiologische Grundlagenforschung und die daraus abgeleitete Gentechnik wurde es möglich, gezielt nach den Ursachen der Krebsentstehung zu suchen und daraus ein Instrumentarium zu entwickeln, das im Kampf gegen die zweithäufigste Todesursache Erfolge erwarten läßt.

Was veranlaßt eine Zelle, sich aus dem normalen Zellverbund zu lösen und zu einem ungehemmten Wachstum überzugehen? Wir kennen die gängigen Mechanismen: Strahlen- und Chemikalieneinwirkung, Rauchen, Asbest etc., aber auch bestimmte Viren gehören dazu. Zielmolekül all dieser Agentien ist das Erbmaterial. Heute weiß man, daß Veränderungen der Desoxyribonukleinsäure (DNA) Grundlage der Tumorentstehung sind. So konnte man bei der chronischen myeloischen Leukämie bei der Mehrzahl der Patienten mikroskopisch Chromosomenaberrationen als Ursache nachweisen. Hier wird ein Teil des Chromosoms 22 unter Zurückbleiben eines verkürzten Chromosoms 22 auf Chromosom 9 übertragen.

Im Gefolge der Erkenntnis, daß Viren Krebs erzeugen können, fand man, daß unser Organismus Gene besitzt, die ganz wichtige biochemische Funktionen erfüllen, indem sie an der Steuerung der Zellteilung beteiligt sind. Obwohl die Mechanismen dieser Regulation noch weitgehend unverstanden sind, können wir uns doch vorstellen, daß Störungen dieses feinabgestimmten Gleichgewichts erhebliche Konsequenzen für die Zelle nach sich ziehen können. Die Namen dieser für die Regulation des Zellwachstums zuständigen Gene – Onkogene und Tumorsuppressorgene – machen schon deutlich, wie ihr Wechselspiel zu verstehen ist. Inzwischen hat man ca. 60 solcher Onkogene entdeckt, und man beginnt langsam, ihre Funktion zu begreifen. So weiß man zumindest, daß in einem Organismus die Fehlfunktion eines einzigen Onkogens nur selten einen Tumor auslöst. In der Regel ist das Zusammenwirken von zwei, wenn nicht mehreren Onkogenen zur Krebsentartung einer Zelle erforderlich.

Erbliche Krebserkrankungen haben einen etwa 10–15 %igen Anteil an allen Krebsfällen. Das Retinoblastom, ein Augenkrebs, gehört z. B. dazu. Interessanterweise scheint hier die Fehlfunktion des Tumorsuppressorgens p53 verantwortlich zu sein. Dieses Gen konnte auf dem kurzen Arm von Chromosom 17 nachgewiesen werden.

Diese wenigen Beispiele deuten an, daß zur Diagnose von Krebs zunehmend auch molekularbiologische Methoden herangezogen werden können. Damit muß sich die moderne Medizin, wie auch das Ausbildungsfeld des zukünftigen Arztes, auch in diesen Bereich hinein ausdehnen. Im Ausland hat man diese Entwicklung bereits viel weiter realisiert als bei uns. Zellbiologische Verfahren zur Krebsbekämpfung wurden in den USA entwickelt. Sie sind dort, aber auch in einigen europäischen Ländern, bereits in Therapiekonzepten umgesetzt worden. Einige Jahre später plant man nun in Freiburg, derartige Verfahren zur Behandlung von Melanomen auch in Deutschland einzusetzen. Bei der Immuntherapie geht man von der vernünftigen Überlegung aus, das körpereigene Immunsystem zur Krebsabwehr einzusetzen. Dazu werden Lymphozyten aus der Blutbahn isoliert und extrakorporal in Zellkultur mit dem gentechnologisch gewonnenen Immunzellaktivator Interleukin 2 aktiviert. Diese „Lymphokin aktivierten Killerzellen“ (LAK-Zellen) werden dem Patienten intravenös verabreicht. Bei zehn Prozent aller so behandelten Patienten konnte eine Tumorremission erzielt werden. Noch spezifischer in der

Tumorabwehr sind die „Tumor infiltrierenden Lymphozyten“ (TILs), da sie direkt aus dem Tumorgewebe isoliert werden und insofern in ihrer Immunreaktion spezifisch gegen diesen Tumor sind. Auch diese werden in Zellkultur mit IL 2 aktiviert und anschließend zusammen mit IL 2 dem Patienten infundiert. Dieses Verfahren hat Erfolge gezeigt. Inzwischen ist man noch weiter gegangen, indem man das Gen für den Tumornekrosefaktor in die TILs eingebaut hat. Hier hofft man, daß so die Wirkung der TILs weiter verstärkt wird und der Tumornekrosefaktor seinem Namen alle Ehre macht. Diese Ansätze weisen in die richtige Richtung. Sie zeigen insbesondere, wie sich die klassische Medizin in den molekularen Bereich vorarbeitet, um Diagnostik und Therapie zur Behandlung dieser Krankheit zu verbessern.

### *Molekulare Pathologie der Mukoviszidose*

Die Mukoviszidose (Cystische Fibrose) ist die häufigste schwere Erbkrankheit in Europa. In Deutschland leben zur Zeit etwa acht- bis zehntausend Mukoviszidosepatienten. In der Bevölkerung ist jeder 20. klinisch gesunder Genträger. Er besitzt in seinen Zellen jeweils eine gesunde und eine defekte Kopie des Mukoviszidosegens. Bei dieser autosomal rezessiv vererbten Erkrankung ist an allen exokrinen Drüsen der Salz- und Wassertransport gestört. Die Präzipitation von zähem Schleim in den Ausführungsgängen der Drüse bestimmt das klinische Krankheitsbild, das entweder wie im Fall der Bauchspeicheldrüse zum Funktionsausfall der Drüse oder zu wiederholten Infekten der Atemwege disponiert. Chronische Infektionen der Lunge mit bakteriellen Erregern, insbesondere mit *Pseudomonas aeruginosa* begrenzen die Lebenserwartung und Lebensqualität des CF-Patienten.

Diese monogene Erkrankung wird durch Mutationen im 1989 entdeckten CFTR-Gen (CF transmembrane conductance regulator) hervorgerufen. Das Gen kodiert für einen Anionenkanal, der Chloridionen aus der Zelle in den Ausführungsgang der Schleimdrüse transportiert. Die durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft in meinem Institut geförderte Klinische Forschergruppe „Molekulare Pathologie der Mukoviszidose“ hat 400 Patienten auf die krankheitsauslösenden Mutationen im Gen untersucht. In 70 % aller Fälle besteht die Hauptmutation im Fehlen der Aminosäure Phenylalanin an der Position 508 im Protein,  $\Delta F$  508 genannt. Daneben wurden mehr als 60 weitere CFTR-Mutationen gefunden. Art und Lokalisation der Mutation auf dem CFTR-Gen bestimmen Schwere und Verlauf der Erkrankung. So können die behandelnden Ärzte unter Einsatz molekulargenetischer Verfahren schon zum Zeitpunkt der Diagnosestellung die durch die genetische Veranlagung bedingten Risiken abschätzen und entsprechende Therapieprogramme entwickeln. Ebenso kann man diese Verfahren zur pränatalen Diagnose heranziehen, ein Populations-Screening ist nicht zuletzt auch aus Kostengründen nicht diskutabel.

Eine Gendiagnose legt natürlich die Frage nach der Gentherapie nahe. Die Heilung dieser Erbkrankheit durch gentherapeutische Maßnahmen ist nur durch Eingriff in die Keimbahn denkbar. Abgesehen davon, daß dazu noch nicht die Voraussetzungen ge-

schaffen sind, ergeben sich hier auch ganz erhebliche ethische Probleme. Die Mukoviszidose ist jedoch die erste Erbkrankheit, an der Somazellgentherapie durchgeführt wird. Wissenschaftler aus den USA haben unlängst das CFTR-Gen in abgeschwächte Adenoviren als Vektoren eingebaut und Patienten verabreicht, um so zumindest die pulmonalen Komplikationen dieser Erkrankung zu lindern. Diese Behandlung mußte jedoch abgebrochen werden, nachdem es bei einem Patienten zu einer Lungenentzündung gekommen war. Einen anderen Weg beschritten britische Forscher, die das CFTR-Gen in fettumhüllte Membranen, sogenannte Liposomen, einbrachten und diese den Patienten über ein Spray in den Rachenraum verabreichten. Die Ergebnisse dieser Behandlung stehen noch aus. Doch scheint bei diesem Verfahren die Gefahr von Nebenwirkungen geringer zu sein als bei den Adenoviren. Jedenfalls sind die zur Zeit verfügbaren Vehikel und Vektoren noch nicht in der Lage, das CFTR Gen über die Atemwege oder die Blutbahn für einen längeren Zeitraum in hinreichender Menge in die betroffenen Zellen einzubringen. Doch besteht berechtigte Hoffnung, den Patienten mithilfe dieser modernen Verfahren der molekularen Medizin erhebliche Linderung ihrer Leiden zu verschaffen.

Mein Thema hieß „Molekulare Medizin – Verpassen wir eine Zukunftschance?“. Ich habe versucht, Ihnen an einigen wenigen Beispielen die Bedeutung dieses zukunftsorientierten Bereichs der Medizin nahezubringen. Die Möglichkeiten werden jedoch weit darüber hinaus gehen. Zu hoffen bleibt nur, daß das Spektrum der Möglichkeiten genutzt wird, oder besser: genutzt werden darf. Die sehr positiven Ansätze in der gentechnologischen Entwicklung von Hormonen, Vakzinen und anderen Wirkstoffen sind in Deutschland durch die sehr restriktiven rechtlichen Rahmenbedingungen und insbesondere durch die administrative Durchführung stark behindert, wenn nicht gar zunichte gemacht worden. In der biomedizinischen Forschung hat Deutschland dadurch eine führende Rolle verloren. Die großen deutschen Pharmafirmen haben Forschung und teilweise auch Produktion auf diesen Gebieten ins Ausland verlagert. So hat die Firma Bayer in ihre amerikanische Tochter Miles mehr als 130 Millionen Dollar investiert, um dort neue therapeutische Prinzipien und Substanzen zu entwickeln. Dabei geht es u. a. um die Therapie der Hämophilie, von AIDS, der viralen Hepatitis und des septischen Schocks, aber auch Erkrankungen des zentralen Nervensystems stehen auf dem Programm. Bei der Entwicklung eines gentherapeutischen Verfahrens zur Heilung der Hämophilie A kooperiert Bayer mit der Firma Viagene in San Diego. Ähnliches gilt für die anderen deutschen Pharmafirmen. Zu bemerken ist dabei, daß umgekehrt keine ausländische Firma in den Biotechmarkt in Deutschland investiert. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Restriktive Gesetze – Gen- und Immissionsgesetz – geringe Akzeptanz biologischer Forschung in der Bevölkerung, die durch die häufig sehr negative Darstellung in den Medien noch gefördert wird. An dieser Situation wird sich auch wenig ändern, wenn in diesem Jahr hoffentlich das Gengesetz entschärft und die in manchen Bundesländern unerträglichen bürokratischen Auswüchse beschnitten werden.

Vor diesem eher düsteren Hintergrund ist es um so bemerkenswerter, daß in Freiburg ein erster Antrag auf gentherapeutische Behandlung des Hautkrebses und seiner Metastasen genehmigt und die medizinische Anwendung molekularbiologischer Verfahren in der Öffentlichkeit bislang nicht kritisiert wurde. Diese Tatsache stimmt hoffnungsvoll,

und sie hat bereits dazu geführt, daß weitere Gruppen Forschungsprojekte zum therapeutischen Einsatz von Genen begonnen haben. Zu wünschen bleibt jetzt nur, daß der Gesetzgeber bei dem zur Zeit zur Novellierung anstehenden Tierschutzgesetz Augenmaß bewahrt. Sollten sich hier die extremen Vorstellungen der Tierschützer durchsetzen, wird es biomedizinische Forschung in Deutschland vorerst nicht mehr geben. Natürlich können wir wichtige Pharmaka importieren, hochentwickelte Behandlungsmethoden doch schon weniger. Wovon aber sollen wir all das bezahlen, wenn wir diese Zukunftstechnologie nicht nutzen? Es ist nicht allein der Verlust an wirtschaftlichem Potential, verbunden mit einem Rückgang an hochqualifizierten Arbeitsplätzen, sondern es wird auch zunehmend schwieriger werden, die Ausbildung des naturwissenschaftlichen und medizinischen Nachwuchses auf höchstem Standard sicherzustellen, wie sie für biomedizinische Grundlagenforschung Voraussetzung ist. Wir müssen alle Anstrengungen unternehmen, diese Zukunftstechnologie im Lande zu behalten und die abgewanderten Firmen zurückzuholen, sonst besteht die Gefahr, daß mit den Pharmafirmen auch die biologische Grundlagenforschung aus Deutschland abwandert. Es ist wenig befriedigend, schließlich in noch so ansehnlichen Doktorarbeiten darüber nachdenken zu lassen, wie und warum denn dies alles geschehen konnte.

---

Prof. Dr. Günter Maaß  
Im Eichholz 27 · 30657 Hannover

HELMUT BRASS, Braunschweig

## Gerechte Verteilung als Mathematisches Problem

Braunschweig, 8. Oktober 1993\*

### 1. Einleitung

Der Begriff der Gerechtigkeit ist seit 2000 Jahren Gegenstand der Diskussion in Philosophie, Theologie und Rechtswissenschaft. Es mag verwundern, wenn sich hier die Mathematik zu Wort meldet. Zwar hat sie den genannten Wissenschaften voraus, daß ihre Begriffe scharf umrissen und ihre Ergebnisse unstrittig sind, aber der Verdacht liegt nahe, daß ihre Werkzeuge viel zu grob sind, um eine angemessene Behandlung des vielschichtigen und subtilen Begriffes der Gerechtigkeit zu erlauben. Demgegenüber soll hier gezeigt werden, daß Mathematik – das heißt strikte Formalisierung – sehr wohl zur Diskussion beitragen kann, auch, indem sie hilft, den Stoff zu strukturieren, die Begriffe zu präzisieren, Meinungen von Argumenten und Denkgewohnheiten von Sachzwängen zu unterscheiden.

Über die gerechte Verteilung eines Gutes läßt sich häufig keine Einigkeit erzielen, jedoch findet man leichter einen Konsens darüber, daß manche Verteilungen sicher ungerecht sind. Die Ungerechtigkeit wird darin gesehen, daß gewisse sehr allgemeine (d. h. schwache) Prinzipien verletzt sind. Hiernach kann ein Verteilungsmechanismus von der Gesellschaft nur akzeptiert werden, wenn er in keinem Anwendungsfall die Prinzipien verletzt. Die Formulierung der Prinzipien ist nicht Sache der Mathematik, die Mathematik hat ihre Erfüllbarkeit und ihre Kombinierbarkeit zu untersuchen.

Hier sollen die Anfänge der Ausführung eines solchen Programms anhand eines konkreten Problems beschrieben werden. Es wird dabei weniger um den Beweis einschlägiger mathematischer Lehrsätze (die es durchaus gibt!) und mehr um Grundsätzliches zur Formalisierung gehen.

### 2. Das Problem

Es sollen  $m$  untereinander gleichwertige unteilbare Güter auf  $p$  Bewerber  $P_1, P_2, \dots, P_p$  gemäß den Ansprüchen  $(w_1, w_2, \dots, w_p)$  verteilt werden, hierbei sind die  $w_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ) natürliche Zahlen, die die Größe des Anspruches von  $P_i$  charakterisieren. Die Schwierigkeit dieses „Zuteilungsproblems“ liegt in der Präzisierung von „gemäß den Ansprüchen  $(w_1, w_2, \dots, w_p)$ “.

---

\* Zusammenfassung eines vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.



Zur Verdeutlichung diene ein praktischer Fall. In der untenstehenden Tabelle ist ein Wahlergebnis aus den Gremienwahlen 1993 der TU Braunschweig angegeben. Es bewarben sich vier hochschulpolitische Gruppen  $P_1, \dots, P_4$  um  $m = 20$  Sitze im Konzil. In der zweiten Spalte stehen die erreichten Stimmenzahlen, diese sind die „Ansprüche“ im Zuteilungsproblem. Wie soll man die 20 Sitze den vier Gruppen zuteilen?  $P_1$  hat von den abgegebenen 303 Stimmen 25 erhalten, demnach stehen  $P_1$  von den 20 zu verteilenden Sitzen  $\frac{25}{303}20 = 1,65 \dots$  zu, diese „Quoten“ sind in der dritten Spalte aufgeführt. Natürlich müssen die Zuteilungen ganzzahlig sein; wenn man in der üblichen Weise rundet, erhält man die Zahlen in Spalte 4.

*Wahl zum Konzil der TU Braunschweig 1993  
Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter*

| Partei | Stimmenzahl | Quote  | Sitz-Zuteilungen |    |    |
|--------|-------------|--------|------------------|----|----|
| $P_1$  | 25          | 1,650  | 2                | 1  | 2  |
| $P_2$  | 26          | 1,716  | 2                | 1  | 2  |
| $P_3$  | 201         | 13,267 | 13               | 15 | 12 |
| $P_4$  | 51          | 3,366  | 3                | 3  | 4  |
|        | 303         |        | 20               | 20 | 20 |

Überraschenderweise ist die wirklich erfolgte Zuteilung eine andere: Spalte 5. Ist das gerecht?  $P_3$  hat weniger als die 8fache Stimmenzahl von  $P_2$ , aber die 15fache Sitzzahl,  $P_1$  und  $P_2$  haben zusammen die gleiche Stimmenzahl wie  $P_4$ , aber  $P_4$  hat 50% mehr Sitze,  $P_3$  hat weniger als  $\frac{2}{3}$  aller Stimmen, aber  $\frac{3}{4}$  aller Sitze.

Es beruht jedoch die Zuteilung in Spalte 5 ebenfalls auf einem simplen und einleuchtenden Prinzip, nämlich: Man vergibt für je  $d$  Stimmen einen Sitz, wobei  $d$  so gewählt ist, daß gerade alle verfügbaren Sitze verteilt werden. Das ist das Verfahren von d'Hondt, das für die Zuteilung bei Hochschulwahlen vorgeschrieben ist.

In Spalte 6 ist noch eine weitere Zuteilung angegeben, für die ebenfalls der Anspruch besonderer Gerechtigkeit erhoben wird. Zu ihrem Verständnis führt man den Begriff der „Wahlzahl“ von  $P_i$  ein, das ist die Zahl der Stimmen, die  $P_i$  für einen Sitz aufbringen muß (im Fall der Zuteilung nach Spalte 5 sind das die Zahlen 25; 26; 13,4; 17). Gerechtigkeit gebietet, daß die Wahlzahlen der Bewerber gleich oder annähernd gleich sind. Interpretiert man das dahingehend, daß die Differenz

größte Wahlzahl minus kleinste Wahlzahl

möglichst klein gemacht werden soll, dann ist die Zuteilung in Spalte 6 optimal.

Man erkennt hieran, daß die Aufgabe der gerechten Verteilung der Sitze nicht durch ein ad hoc gewähltes Verfahren gelöst werden kann, weil eben andere ebenso plausible

Verfahren zu anderen Zuteilungen führen. Es wird nötig sein, auf elementare Prinzipien zurückzugehen.

Vorher soll aber noch darauf hingewiesen werden, daß unser Problem eine erhebliche praktische Bedeutung hat: Gemeindewahlen, Ortsratswahlen, Landtagswahlen, Bundestagswahlen, Europawahlen, Sozialwahlen, Personalratswahlen, zahlreiche Wahlen an Universitäten sind alles Beispiele für Listenwahlen. In allen Fällen ist eine Vorschrift nötig, die Stimmzahlen in Sitzzahlen umrechnet: ein Zuteilungsverfahren. Die Auswahl dieses Verfahrens ist kein ganz marginales Problem, sind doch eine Reihe von Fällen bekannt geworden, in denen über Regierung und Opposition nicht die Wähler bestimmten, sondern das Zuteilungsverfahren. Als ein Beispiel sei die Stadtratswahl 1976 in Braunschweig genannt: Von den zu verteilenden 57 Sitzen erhielt die SPD nach dem (praktizierten) Verfahren von d'Hondt 29 Sitze, also die absolute Mehrheit; hätte man das Verfahren der größten Reste verwendet, wie das 1978 bei der Landtagswahl in Niedersachsen geschah, so hätte die SPD nur 28 Sitze erhalten und CDU und FDP zusammen 29.

Die politischen Wahlen sind ein besonders prominentes Beispiel der Zuteilungsproblematik, es gibt aber zahlreiche andere Anwendungsfälle, etwa:

- 1) eine Vertretungskörperschaft wird von verschiedenen Gruppen beschickt, diese sollen annähernd proportional ihrer jeweiligen Stärke vertreten sein; ein vieldiskutiertes Beispiel ist das Repräsentantenhaus der USA (Ansprüche sind die Einwohnerzahlen der einzelnen Staaten), ein anderes Beispiel sind Ausschüsse in Parlamenten (Ansprüche sind die Fraktionsstärken), ein drittes der Rundfunkrat für den Deutschlandfunk (Ansprüche sind die Fraktionsstärken im Bundestag), und vieles mehr.
- 2) gemäß Bundeswahlgesetz soll „die Zahl der Wahlkreise in den einzelnen Ländern deren Bevölkerungsanteil soweit wie möglich entsprechen“. Hier sind also  $m = 328$  Wahlkreise zu verteilen, Ansprüche sind die Einwohnerzahlen der Bundesländer.
- 3) eine Etatserhöhung von 4000 DM ist auf 7 Hochschulinstitute aufzuteilen mit der Nebenbedingung, daß die Etats – wie bisher – Vielfache von 100 sind. Ansprüche sind gegeben durch die bisherigen Etats. Hier ist also  $m = 40$ .

### 3. Formalisierung

Zuteilungsverfahren sind Vorschriften, die aus „Ansprüchen“, ausgedrückt durch  $p$ -Tupel natürlicher Zahlen (z. B. Wahlergebnisse) „Zuteilungen“, das sind  $p$ -Tupel mit Summe  $m$  (z. B. Sitzzahlen im Parlament) ermitteln. Wir führen demgemäß die folgenden Bezeichnungen ein:

$\mathcal{A}_p$  sei die Menge der  $p$ -Tupel natürlicher Zahlen ohne  $(0, 0, \dots, 0)$

$\mathcal{A}_{p,m}$  sei die Untermenge derjenigen Elemente von  $\mathcal{A}_p$ , deren Komponenten die Summe  $m$  haben.

Es wäre nun aber wenig zweckmäßig, Abbildungen von  $\mathcal{A}_p$  in  $\mathcal{A}_{p,m}$  als Zuteilungsverfahren anzusehen; die elementare Gerechtigkeitsforderung, Gleiches gleich zu behandeln, ließe sich mit einer solchen Definition nicht realisieren. Hätte man nämlich zwei Parteien mit exakt gleichen Ansprüchen und  $m = 1$ , so ist die Wahl zwischen den möglichen Zuteilungen  $(1,0)$  und  $(0,1)$  nicht willkürfrei möglich. Da die Zuteilung allein aufgrund der Ansprüche erfolgen soll, muß ein gerechtes Verfahren beide Möglichkeiten ergeben. Die endgültige Zuteilung erfolgt dann durch Los (so vorgesehen in den meisten Wahlgesetzen) oder aufgrund zusätzlicher Informationen, ist jedenfalls nicht Sache der Zuteilungsverfahren.

Wir werden hiernach Zuteilungsverfahren als mengenwertige Abbildungen definieren: einem Anspruch wird eine Menge von gleichberechtigten Zuteilungen zugeordnet; natürlich ist man besonders an Verfahren interessiert, in denen diese Menge meistens nur ein Element enthält.

Wir führen noch eine weitere Bezeichnung ein:

$\overline{\mathcal{A}}_{p,m}$  sei das System der nichtleeren Untermengen von  $\mathcal{A}_{p,m}$

und können nun die entscheidende Definition formulieren:

**Definition:** Eine Abbildung  $f$  von  $\mathcal{A}_p$  in  $\overline{\mathcal{A}}_{p,m}$  heißt  $(p, m)$ -Zuteilungsverfahren, wenn gilt

- (i) Ist  $(z_1, z_2, \dots, z_p) \in f(w_1, w_2, \dots, w_p)$  und ist  $\sigma$  eine Permutation von  $\{1, 2, \dots, p\}$ , so ist  $(z_{\sigma(1)}, z_{\sigma(2)}, \dots, z_{\sigma(p)}) \in f(w_{\sigma(1)}, w_{\sigma(2)}, \dots, w_{\sigma(p)})$
- (ii) Ist  $(z_1, z_2, \dots, z_p) \in f(w_1, w_2, \dots, w_p)$  und ist  $w_i = 0$  für ein  $i$ , so ist  $z_i = 0$ .

(i) und (ii) sind Mindestanforderungen an jede Präzisierung der intuitiven Vorstellung von gerechter Verteilung; (i) bedeutet Gleichbehandlung der Bewerber: Vertauscht man die Ansprüche von zwei Bewerbern, so sind die Zuteilungen entsprechend zu vertauschen; (ii) besagt, daß es keine Zuteilung gibt ( $z_i = 0$ ) wenn kein Anspruch vorliegt ( $w_i = 0$ ).

**Definition:** Ein Zuteilungsverfahren ist eine Menge von  $(p, m)$ -Zuteilungsverfahren, die zu jedem Paar  $(p, m)$  ( $p \in \{1, 2, \dots\}$ ,  $m \in \{1, 2, \dots\}$ ) genau ein  $(p, m)$ -Zuteilungsverfahren enthält.

Zahlreiche Beispiele konkreter Zuteilungsverfahren findet man in den Büchern von Kopfermann [2] und Balinski/Young [1]. Wir begnügen uns hier mit der Beschreibung des „Verfahrens der größten Reste“ (auch Hare-Verfahren oder Hamilton-Verfahren genannt). Dies Verfahren ist einfach und naheliegend und wird (mit einer kleinen Modifikation) bei den Bundestagswahlen verwendet. Sein Prinzip ist die Berechnung der „Quoten“

$$q_i := w_i \left( \sum_{v=1}^p w_v \right)^{-1} m$$

und die anschließende (Auf- oder Ab-)Rundung der Quoten auf ganze Zahlen, wie schon im vorigen Abschnitt erläutert. Allerdings kann die Rundung nicht immer in der üblichen Weise: Aufrundung bei Bruchteilen  $> \frac{1}{2}$ , Abrundung bei Bruchteilen  $< \frac{1}{2}$  erfolgen. Hätte man etwa die Quoten  $q_1 = q_2 = 1,3$  und  $q_3 = 1,4$ , so würde die Standardrundung dazu führen, daß nur 3 Einheiten verteilt werden, obwohl  $m = q_1 + q_2 + q_3 = 4$  zur Verfügung stehen. Man muß eine Quote aufrunden, man wird dazu diejenige wählen, für die der Rundungsprozeß die kleinste Änderung bedeutet, also  $q_3$ .

Allgemein besteht das Verfahren der größten Reste darin, die „Reste“

$$r_i := q_i - \lfloor q_i \rfloor$$

auszurechnen und dann die Quoten mit den größten Resten aufzurunden, die übrigen abzurunden. Dabei wird die Anzahl der aufzurundenden gerade so bestimmt, daß alle  $m$  Einheiten verteilt sind.

Es gibt Gründe, dies Verfahren als das „gerechteste“ anzusehen. Mißt man nämlich die Ungerechtigkeit gegenüber  $P_i$  an dem Unterschied zwischen seiner Quote  $q_i$  und seiner Zuteilung  $z_i$ , dann liegt die Forderung nahe

$$\max_i |q_i - z_i|$$

möglichst klein zu machen (allgemeines Prinzip: „Der am schlechtesten Wegkommen- de soll möglichst gut wegkommen“). Aber auch die Forderung

$$\sum_{i=1}^p |q_i - z_i|$$

durch geeignete Zuteilung  $z_i$  zu minimieren, ist einleuchtend (allgemeines Prinzip: „Die Gesamt-Ungerechtigkeit soll möglichst klein sein“). Beide Forderungen werden durch das Verfahren der größten Reste – und nur durch dieses – erfüllt.

Jedoch ist durch dieses wichtige und lange bekannte Resultat das Problem der gerechten Verteilung nicht etwa abschließend gelöst. Zum einen sind die benutzten Definitionen von (Un-)Gerechtigkeit in gewisser Weise willkürlich; man kann sogar fragen, ob nicht schon die Berechnung von Quoten den Begriff der Gerechtigkeit mit mehr Mathematik belastet als not tut, kommt doch das der Idee nach äußerst simple d'Hondt-Verfahren ohne Quoten aus. Zum anderen lassen die obengenannten Extremalforderungen („möglichst klein“) keinen Raum für die Erfüllung anderer Forderungen. Es wird sich aber zeigen, daß tatsächlich eine große Menge von weiteren Forderungen Interesse verdient.

#### 4. Beispiele

Wir stellen hier einige konkrete Zuteilungen nach dem Verfahren der größten Reste zusammen. Wir interpretieren Ansprüche als Wahlergebnisse, Zuteilungen als Sitzzahlen. In allen Fällen vergleichen wir die Ergebnisse zweier aufeinanderfolgender Wahlen.

**Bsp. 1**  $p = 3, m = 4$

$$f(7, 3, 1) = \{(3, 1, 0)\}$$

$$f(7, 2, 2) = \{(2, 1, 1)\}$$

Kommentar: Wenn der gerechte Anteil von  $P_1$  drei Sitze beträgt, wieso ist er es bei unverändertem Stimmenanteil  $\frac{7}{11}$  nicht mehr, weil ein Wähler von  $P_2$  zu  $P_3$  wechselt?

**Bsp. 2**  $p = 3, m = 3$

$$f(54, 26, 20) = \{(2, 1, 0)\}$$

$$f(55, 23, 22) = \{(1, 1, 1)\}$$

Kommentar:  $P_1$  gewinnt bei unveränderter Gesamtstimmenzahl einen Wähler und verliert einen Sitz.

**Bsp. 3**  $p = 3, m = 4$

$$f(24, 73, 103) = \{(1, 1, 2)\}$$

$$f(25, 72, 83) = \{(0, 2, 2)\}$$

Kommentar:  $P_1$  gewinnt Wähler, die Konkurrenten verlieren Wähler. Dennoch verliert  $P_1$  einen Sitz.

**Bsp. 4**  $p = 3, m = 4$

$$f(1, 3, 3) = \{(0, 2, 2)\}$$

$$f(1, 5, 3) = \{(1, 2, 1)\}$$

Kommentar:  $P_2$  gewinnt als einzige Partei Wähler, diese bringen ihr jedoch keinen Nutzen, helfen aber der Partei  $P_1$ . Drastischer ausgedrückt: Ein Wähler von  $P_2$  muß feststellen, daß seine Stimme zwar seiner Partei nicht genutzt hat, wohl aber der von ihm verabscheuten Partei  $P_1$  einen Sitz verschafft hat, den diese nicht erhalten hätte, wenn er zu Hause geblieben wäre.

**Bsp. 5**

$$p = 3, m = 3 \quad f(3, 3, 1) = \{(1, 1, 1)\}$$

$$p = 3, m = 4 \quad f(3, 3, 1) = \{(2, 2, 0)\}$$

Kommentar: Bei unveränderten Ansprüchen erhält  $P_3$  weniger, obwohl mehr zu verteilen ist.

**Bsp. 6**

$$p = 2, m = 10 \quad f(14, 83) = \{(1, 9)\}$$

$$p = 3, m = 10 \quad f(14, 83, 3) = \{(2, 8, 0)\}$$

Kommentar: Hier profitiert  $P_1$  vom Auftreten einer neuen Partei, obwohl sich ihre Wählerzahl – und die von  $P_2$  – nicht geändert hat.

Man mag in dieser Beispielsammlung Fälle finden, die der Idee einer gerechten Zuteilung nur wenig entsprechen. Man wird dann nach Verfahren suchen, die diese Mängel nicht haben. Falls es derartige Verfahren überhaupt gibt, wird man bei ihnen jedenfalls auf die Forderung minimaler Ungerechtigkeit, wie sie im vorigen Abschnitt präzisiert wurde, verzichten müssen, denn diese Eigenschaft kommt nur dem Verfahren der größten Reste zu.

## 5. Prinzipien einer gerechten Verteilung

Die Vermeidung der in den Beispielen 1–6 demonstrierten Mängel des Verfahrens der größten Reste führt auf die folgenden Prinzipien:

Die Zuteilung an  $P_1$  darf sich nicht verringern, wenn

- 1) der Anspruch von  $P_1$  und die Gesamtstimmenzahl unverändert bleiben,
- 2) der Anspruch von  $P_1$  wächst bei unveränderter Gesamtstimmenzahl,
- 3) der Anspruch von  $P_1$  wächst bei nichtwachsenden Ansprüchen der übrigen Parteien,
- 4) der Anspruch von  $P_2$  fällt, alle anderen Ansprüche unverändert bleiben,
- 5) alle Ansprüche unverändert bleiben und  $m$  wächst,
- 6) eine von  $P_1$  verschiedene Partei mitsamt ihren Wählern aus der Konkurrenz ausscheidet.

Stärker formalisiert, schreiben sich die Prinzipien 1–5 so:

Es sei  $(z_1, \dots, z_p) \in f(w_1, \dots, w_p)$  und  $(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_p) \in f(w_1, \dots, w_p)$ . Dann ist  $\bar{z}_1 \geq z_1$ , wenn gilt

$$\text{A 1} \quad \bar{w}_1 = w_1 \text{ und } \sum_{i=1}^p w_i = \sum_{i=1}^p \bar{w}_i$$

$$\text{A 2} \quad \bar{w}_1 > w_1 \text{ und } \sum_{i=1}^p w_i = \sum_{i=1}^p \bar{w}_i$$

$$\text{A 3} \quad \bar{w}_1 > w_1 \text{ und } \bar{w}_i \leq w_i \ (i = 2, 3, \dots, p)$$

$$\text{A 4} \quad \bar{w}_2 < w_2 \text{ und } \bar{w}_i = w_i \ (i = 1, 3, 4, \dots, p)$$

$$\text{A 5} \quad \bar{w}_i = w_i \ (i = 1, \dots, p) \text{ und } m \text{ wächst.}$$

Außerdem

**A 6** Es sei  $(z_1, \dots, z_p) \in f(w_1, \dots, w_p)$  und  $(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_{p-1}) \in f(w_1, \dots, w_{p-1})$ .  
Dann ist  $\bar{z}_1 \geq z_1$ .

Es ist nun bemerkenswert, daß diese Forderungen – mit Ausnahme von **A 3** – durch kein Zuteilungsverfahren erfüllt werden können.

Bei **A 1** ist das ganz leicht zu sehen: Für jedes Zuteilungsverfahren gilt bei  $m = 1$

$$f(1, 1) = \{(1, 0), (0, 1)\}.$$

Wählt man nun  $w_1 = \bar{w}_1 = w_2 = \bar{w}_2 = 1$ ,  $(z_1, z_2) = (1, 0)$  und  $(\bar{z}_1, \bar{z}_2) = (0, 1)$ , so hat man einen Widerspruch zu **A 1**.

Bei **A 2** geht man so vor: Bei  $m = 1$  ist  $f(3, 3, 2)$  entweder  $\{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}$  oder  $\{(0, 0, 1)\}$  oder  $\{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}$ . Im ersten und dritten Fall müßten bei  $f(4, 4, 0)$  erste und zweite Komponente der Zuteilung Eins sein, im Widerspruch zu  $m = 1$ . Im zweiten Fall müßte  $f(3, 2, 3) = \{(0, 0, 1)\}$  sein, was der Gleichberechtigung von  $P_1$  und  $P_3$  widerspricht.

**A 3** wird vom d'Hondt-Verfahren erfüllt, wie unschwer zu beweisen.

Bei **A 4** kommt man ebenfalls mit  $m = 1$  von

$$f(1, 1, 1) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}$$

ausgehend, leicht zu einem Widerspruch, ebenso bei **A 5**. Bei **A 6** ergeben die beiden Zuteilungen

$$f(1, 1, 1) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}$$

$$f(1, 1) = \{(1, 0), (0, 1)\},$$

die für jedes Verfahren gelten müssen, einen Widerspruch.

In allen Fällen kommt das unseren Gerechtigkeitsprinzipien widersprechende Resultat durch Aufeinanderfolge von Los-Glück und Los-Pech zustande. Das mag wenig überzeugend sein, es ist aber zu beachten, daß bei kleinen Wählerzahlen (wie vielfach in Hochschulen) Entscheidung durch Los keineswegs ein ganz seltenes Vorkommnis ist. Unsere Forderungen sind unerfüllbar, gleichwohl präzisieren sie Vorstellungen, die allgemein mit dem Begriff der gerechten Verteilung verbunden werden. Man wird sie daher nicht aufgeben, sondern in (etwas) anderer Weise präzisieren.

Man könnte etwa fordern, daß es zu jeder Zuteilung  $(z_1, \dots, z_p)$  eine Zuteilung  $(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_p)$  gibt, für die die jeweilige Forderung erfüllt ist (also nicht wie oben für alle Zuteilungen zu  $(\bar{w}_1, \dots, \bar{w}_p)$ , sondern für eine!). So gehen Balinski/Young [1] bei **A 5** tatsächlich vor. Mir erscheint dies für die übliche Wahlprozedur wenig sinnvoll, es muß doch, wenn eine zweite Wahl durchgeführt wird, das Losverfahren wieder stattfinden.

Hier wird vorgeschlagen, die Intuition hinter den Forderungen dahingehend zu präzisieren, daß sich bei den jeweiligen Übergängen die Los-Chancen nicht verschlechtern. Dazu werde definiert:

**Definition:** Es sei  $f(w_1, w_2, \dots, w_p) = \{(z_1^{(v)}, z_2^{(v)}, \dots, z_p^{(v)}), v = 1, 2, \dots, l\}$ . Dann heißt

$$\mathcal{E}_i[f(w_1, \dots, w_p)] := \frac{1}{l} \sum_{v=1}^l z_i^{(v)}$$

der Erwartungswert der Zuteilung an  $P_i$  bei dem Anspruch  $(w_1, \dots, w_p)$ .

Man wird nun die unerfüllbaren Forderungen dadurch zu retten suchen, daß man die Aussage  $\bar{z}_1 \geq z_1$  ersetzt durch

$$\mathcal{E}_1[f(\bar{w}_1, \dots, \bar{w}_p)] \geq \mathcal{E}_1[f(w_1, \dots, w_p)]$$

In dieser schwächeren Form werden nun **A 4**, **A 5**, **A 6** tatsächlich vom d'Hondt-Verfahren erfüllt (aber nicht vom Verfahren der größten Reste, die Gegenbeispiele aus Abschnitt 4 gelten auch hier). Dagegen lassen sich **A 1** und **A 2** auch in der abgeschwächten Form nicht erfüllen. Das läßt sich wieder durch Gegenbeispiele zeigen, für den schwierigen Fall **A 2** werde es im nächsten Abschnitt ausgeführt.

## 6. Ein negatives Resultat

Prinzip **A 2'**: Ist  $\sum_{i=1}^p w_i = \sum_{i=1}^p \bar{w}_i$  und  $\bar{w}_1 > w_1$ , so gilt

$$\mathcal{E}_1[f(\bar{w}_1, \dots, \bar{w}_p)] \geq \mathcal{E}_1[f(w_1, \dots, w_p)].$$

**Satz:** Es gibt kein Zuteilungsverfahren, das **A 2'** erfüllt.

Beweis: Es wird die Annahme, daß man für  $p = 3$ ,  $m = 1$ ,  $w_1 + w_2 + w_3 = 10$  die Zuteilungen so einrichten kann, daß **A 2'** erfüllt ist, zum Widerspruch geführt. Sei also  $f$  ein solches Verfahren.

(i) Es ist  $\mathcal{E}_i[f(4, 3, 3)] = \frac{1}{3}$ ,  $i = 1, 2, 3$ .

Denn es gibt aus Symmetriegründen nur die Möglichkeiten

$$f(4, 3, 3) = \{(1, 0, 0)\}$$

$$f(4, 3, 3) = \{(0, 1, 0), (0, 0, 1)\}$$

$$f(4, 3, 3) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}.$$

Der erste Fall würde  $f(5, 5, 0) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}$  widersprechen, denn hier würde die Steigerung des Anspruches von 4 auf 5 ja mit einem Rückgang des Erwartungswertes von 1 auf  $\frac{1}{2}$  verbunden sein.

Im zweiten Fall folgte aus Symmetriegründen

$$f(3, 4, 3) = \{(1, 0, 0), (0, 0, 1)\},$$



was aber mit der Aussage über  $f(4, 3, 3)$  kollidiert, denn das Wachstum der zweiten Komponente von 3 auf 4 würde ja einen Rückgang des zugehörigen Erwartungswertes von  $\frac{1}{2}$  auf 0 bedingen.

Es muß somit der dritte Fall gelten.

$$(ii) \quad \text{Es ist } \mathbb{E}_i[f(4, 4, 2)] = \frac{1}{2}, i = 1, 2.$$

Denn es gibt aus Symmetriegründen nur die Möglichkeiten

$$f(4, 4, 2) = \{(0, 0, 1)\}$$

$$f(4, 4, 2) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}$$

$$f(4, 4, 2) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}.$$

Im ersten Fall folgte aus Symmetriegründen

$$f(4, 2, 4) = \{(0, 1, 0)\},$$

was in der dritten Komponente zum Widerspruch führt. Im zweiten Fall folgte nach **A 2'**

$$f(7, 0, 3) = \{(1, 0, 0), (0, 0, 1)\},$$

denn  $P_1$  und  $P_3$  müßten mindestens den Erwartungswert  $\frac{1}{3}$  haben,  $P_2$  sicher 0, aber die Summe der Erwartungswerte muß 1 sein, und es sind nur die Erwartungswerte  $0, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1$  möglich. Geht man nun von  $(7, 0, 3)$  zu  $(4, 2, 4)$  über, so erhielte man bei  $P_3$  einen Widerspruch.

Es muß somit der dritte Fall gelten.

$$(iii) \quad \text{Es ist } \mathbb{E}_i[f(5, 3, 2)] = \frac{1}{2}, i = 1, 2.$$

Denn aufgrund von (ii) muß  $\mathbb{E}_1[f(5, 3, 2)] \geq \frac{1}{2}$  sein. Demnach gibt es nur die folgenden Möglichkeiten:

$$f(5, 3, 2) = \{(1, 0, 0)\}$$

$$f(5, 3, 2) = \{(1, 0, 0), (0, 0, 1)\}$$

$$f(5, 3, 2) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}.$$

Gälte der erste Fall, so folgte  $\mathbb{E}_1[f(6, 4, 0)] = 1$  und wegen (i)  $\mathbb{E}_2[f(6, 4, 0)] \geq \frac{1}{3}$ , was nicht gleichzeitig richtig sein kann.

Gälte der zweite Fall, dann wäre  $f(5, 2, 3) = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}$ , was bei  $P_3$  zum Widerspruch führt.

Es muß somit der dritte Fall gelten.

Nach diesen Vorbereitungen kann der Beweis leicht geführt werden. Es ist nämlich nach (iii)

$$\mathcal{E}_2[f(5, 3, 2)] = \frac{1}{2},$$

und nach (i) ist

$$\mathcal{E}_2[f(3, 4, 3)] = \frac{1}{3}.$$

Damit ist **A 2'** verletzt, es kann also ein solches  $f$  überhaupt nicht geben.

## 7. Diskussion

Das d'Hondt-Verfahren erfüllt **A 3** und die modifizierten Prinzipien **A 4**, **A 5**, **A 6**. Das Verfahren der größten Reste verletzt alle diese Forderungen. Das besagt aber nicht viel, insbesondere können diese Argumente nicht zu einer Ablehnung des Verfahrens der größten Reste dienen, denn die genannten Forderungen werden sämtlich auch erfüllt von dem Verfahren „Der Größte erhält alles“ (unter mehreren Größten wird gelost), das wohl niemand als gerecht ansehen wird. Man wird also zur Einkreisung des Begriffes der gerechten Verteilung weitere Forderungen stellen müssen.

Naheliegend ist etwa: Wenn eine Partei die Hälfte der Stimmen hat, dann soll sie die Hälfte der Mandate erhalten (sofern  $m$  gerade ist). Diese und alle ähnlichen „Proporz“-Forderungen werden vom d'Hondt-Verfahren (u. U. gravierend) verletzt, aber vom Verfahren der größten Reste erfüllt. Sehr naheliegend und wohl allgemein akzeptiert ist auch das „Monotonie-Prinzip“:

Sei  $(z_1, \dots, z_p) \in f(w_1, \dots, w_p)$ . Ist  $w_1 > w_2$ , so ist  $z_1 \geq z_2$ .

Unstrittig ist wohl auch

Sei  $(z_1, \dots, z_p) \in f(w_1, \dots, w_p)$ . Ist  $w_1 = w_2$ , so ist  $|z_1 - z_2| \leq 1$ .

Weiter sind Forderungen plausibel, die den Einfluß des Losens zurückdrängen.

Für die Theorie der Zuteilungsverfahren sind aber auch noch Prinzipien von Belang, die aus politischen Forderungen stammen, ohne unmittelbar evidente oder weitgehend akzeptierte Präzisierungen der Idee der Gerechtigkeit zu sein. Typisch dafür ist die Forderung, daß eine Koalition, die die Mehrheit der Wähler hat, auch die Mehrheit der Mandate erhält. Bei der Besetzung der Ausschüsse im Parlament gemäß den Fraktionsstärken wird man auf diese Forderung nicht verzichten können, ohne die Arbeitsfähigkeit des Parlaments zu gefährden.

Wir stehen also vor der Situation, daß an Zuteilungsverfahren eine Fülle von Forderungen gestellt werden, die ihre „Gerechtigkeit“ („Fairness“, „Angemessenheit“, „Natürlichkeit“, „politische Brauchbarkeit“) sichern sollen. Kein Verfahren erfüllt alle, man wird bei jedem konkreten Problem entscheiden müssen, auf welche Forderungen verzich-

tet werden kann. Das ist aber nur dann sachgerecht möglich, wenn über die Implikationen der einzelnen Prinzipien Klarheit besteht. Damit ergibt sich für die mathematische Analyse ein weites Feld. Über deren Ergebnisse werde ich an anderer Stelle berichten.

### **Literatur**

- [1] M. L. Balinski/H. P. Young: Fair Representation. Yale University Press 1982
- [2] K. Kopfermann: Mathematische Aspekte der Wahlverfahren. B. I. Wissenschaftsverlag 1991

---

Prof. Dr. Helmut Braß  
Hilsstraße 26 · 38122 Braunschweig

HELMUT SCHÖNFELDER, Bad Harzburg

**25 Jahre PAL-Fernsehen**

Braunschweig, 12. November 1993

**1. Einleitung**

Nach der Dreifarbentheorie von Helmholtz, die später von Graßmann zum additiven Farbmischungsgesetz erweitert wurde, kann jede in der Natur vorkommende Farbe durch drei Grundfarben reproduziert werden. Eine Farbfernsehübertragung benötigt daher keine Vielzahl von Kanälen, sondern nur drei Komponenten Rot, Grün und Blau, die in der Farbfernsehkamera durch eine optische Zerlegung des Aufnahmebildes erzeugt, dann übertragen und in der Bildröhre des Farbfernsehempfängers wieder durch additive optische Mischung zum kompletten Farbfernsehbild zusammengesetzt werden.

Da für die Farbfernsehübertragung nur jeweils ein Fernsehkanal zur Verfügung steht, mußte eine Codierung gefunden werden, die die drei Signalkomponenten auf ein einziges Farbfernsehsignal reduziert. Dabei sollten gleichzeitig auch Schwarz-Weiß-Empfänger dieses Farbsignal möglichst störungsarm als Schwarzweiß-Bild wiedergeben, was als „Kompatibilität“ bezeichnet wird. In den USA wurde hierzu das sogenannte NTSC-Verfahren (eine Gemeinschaftsleistung mehrerer Firmen, daher der Name „National Television System Committee“ = NTSC) entwickelt und 1953 als offizielle Farbfernsehnorm eingeführt. *Bild 1* zeigt das Prinzip dieses Verfahrens. Die drei Farbsignale R, G, B (Rot, Grün, Blau) der Farbkamera werden nach *Bild 1a* über eine „Matrix“ in das Luminanzsignal Y und in die beiden Chrominanzkomponenten I und Q umgewandelt. In dem anschließenden Quadraturmodulator „Mod.“ werden das I- und Q-Signal einem „Farbträger“  $f_F$  aufmoduliert, der nach *Bild 1c* in der Nähe der oberen Bandgrenze des Luminanzsignals Y übertragen wird. Die Farbträgerfrequenz  $f_F$  wird hierbei so gewählt, daß die Spektrallinien der trägerfrequenten Chrominanz C mit den Spektrallinien der Luminanz Y nach *Bild 1d* verkämmt sind. Auf diese Weise ergibt sich beim kompatiblen Schwarzweiß-Empfang ein Minimum an Störwirkung durch den überlagerten Farbträger. Benötigt wird jetzt für die Farbfernsehübertragung nach *Bild 1c* nur noch ein Kanal mit einer Bandbreite von 5 MHz (wie auch bei der Schwarzweiß-Übertragung = sendeseitige Kompatibilität), worin sowohl die Luminanz als auch die (trägerfrequente) Chrominanz übertragen wird.

Der einzige – aber schwerwiegende – Nachteil des NTSC-Verfahrens ist die Phasempfindlichkeit des Farbträgers. Pegelabhängige Phasenabweichungen („Differential Phase“), wie sie häufig bei Fernsehsendern auftreten, können dann erheblich störende Farbtonfehler im Empfangsbild hervorrufen. Die erste Idee, wie man diese Phasen-

---

\* Zusammenfassung eines vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

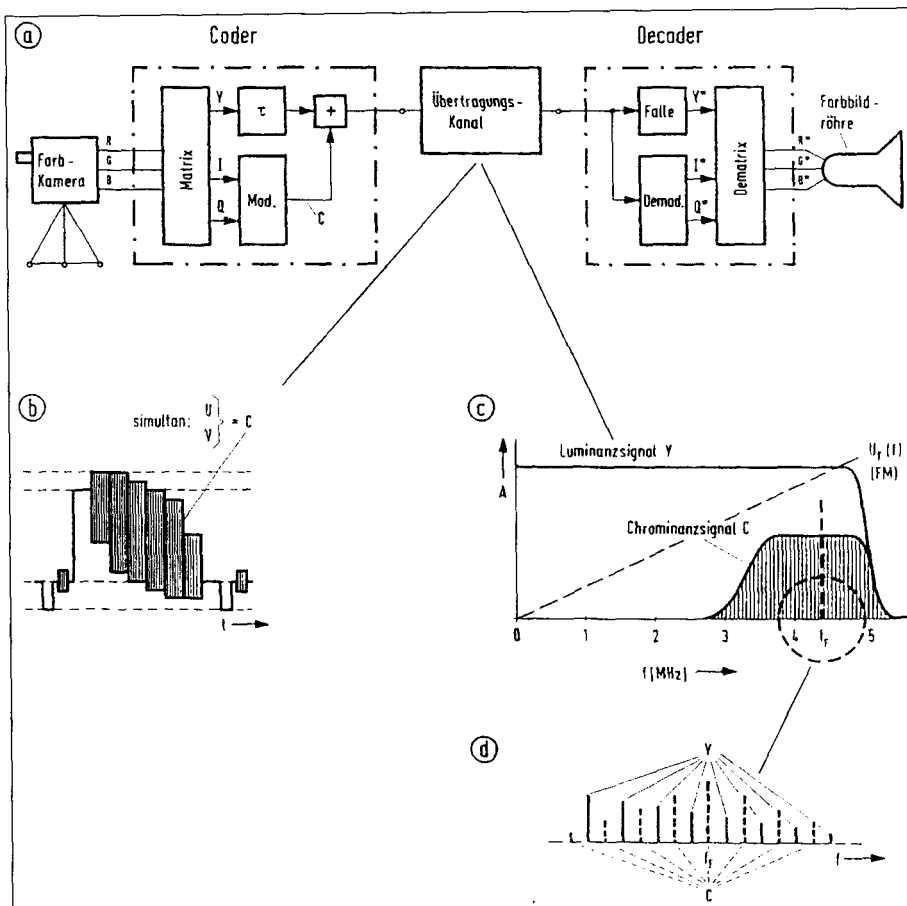


Bild 1:

Codierung beim NTSC/PAL-Verfahren

a) Blockscha des Coders und Decoders

b) Zeilenoszillogramm des NTSC/PAL-Verfahrens

c) Chrominanzübertragung im Frequenzband des Luminanzsignals

d) Verkämmung der Luminanz- und Chrominanzlinien im Frequenzspektrum des NTSC-Signals

empfindlichkeit vermeiden könne, kam von dem französischen Physiker Henry de France, der 1957 vorschlug, die beiden Chrominanzkomponenten zeilensequentiell zu übertragen. Der gleichzeitige Zwang, den Farbträger dann frequenzmoduliert übertragen zu müssen, brachte eine Reihe von Schwierigkeiten mit sich, die es die Fernsehtechniker in Frankreich und den Ostblockstaaten bedauern lassen, daß dieses SECAM genannte System nach der CCIR-Tagung im März 1965 in ihren Ländern als offizielle Farbfernsehnorm eingeführt wurde.

In Deutschland wurde das Farbfernsehen am 25. August 1967 auf der Eröffnungsveranstaltung der 10. Internationalen Funkausstellung in Berlin gestartet, und zwar mit dem PAL-Verfahren, das etwa gleichzeitig in den meisten europäischen Ländern eingeführt wurde. Es war der große Triumph für Prof. Dr.-Ing. E.h. Walter Bruch, der dieses Verfahren seit 1960 im Grundlagenlabor der Firma Telefunken in Hannover entwickelt hatte.

Daß das technisch eindeutig überlegene PAL-Verfahren nicht in ganz Europa eingeführt werden konnte, war ganz allein eine politische Entscheidung. In tragischer Deutlichkeit zeigte sich das in der Tatsache, daß Farbfernsehsendungen in Ostdeutschland nach dem SECAM-Verfahren und in Westdeutschland nach dem PAL-Verfahren ausgestrahlt wurden, bis die Wiedervereinigung diesem technischen Unsinn ein Ende bereitet und die neuen Bundesländer unverzüglich auf PAL umschalteten.

## 2. Vorteile des PAL-Verfahrens in der Farbfernsehübertragung

Ein erster großer Vorteil des PAL-Verfahrens ist die Beibehaltung des beim NTSC-Verfahrens bewährten Prinzips der Quadraturmodulation eines quarzstabilen Farbträgers, während ja – wie in der Einführung bereits erwähnt – der Farbträger bei SECAM frequenzmoduliert übertragen wird, was zu vielen Problemen führt.

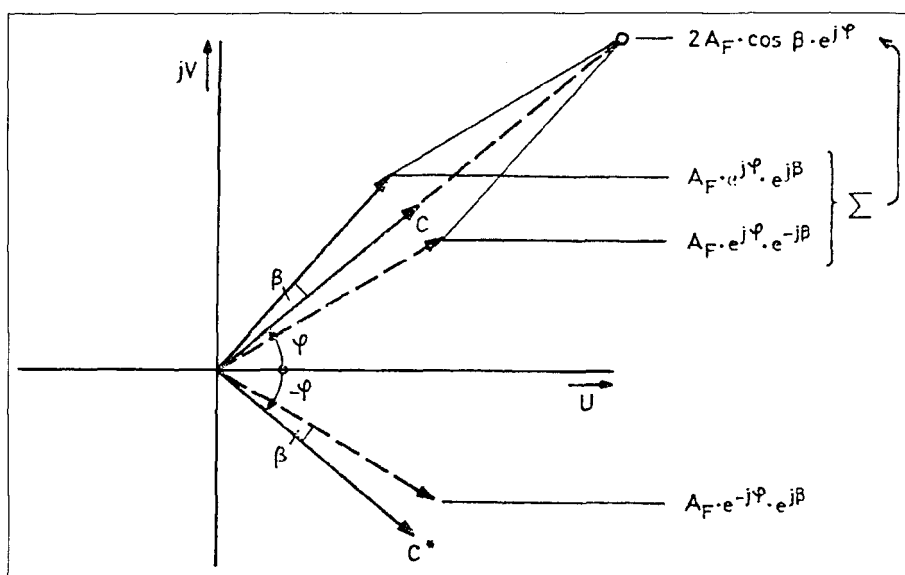


Bild 2:

Zeigerdiagramm des Farbträgers (Chrominanzebene) beim PAL-Verfahren

In *Bild 2* ist die Quadraturmodulation dargestellt. Der Farbträgerzeiger  $C$  wird aus den mit  $90^\circ$  Phasenverschiebung aufbereiteten beiden Farbsignalkomponenten  $U$  und  $V$  vektoriell zusammengesetzt. Seine Phasenlage  $\phi$  repräsentiert den Farbton. Kommt es zu einem Phasenfehler  $\beta$ , dann ändert sich der Farbton im Empfangsbild. Dieser Nachteil des NTSC-Verfahrens konnte nun von Walter Bruch beseitigt werden durch eine zeilen-sequentielle Umschaltung der Farbträgerphase, wonach das Verfahren seinen Namen erhielt: PAL = „Phase Alternating Line“. Von Zeile zu Zeile wird die Phasenlage der  $V$ -Komponente um  $180^\circ$  geschaltet, so daß nach *Bild 2* der Farbträgerzeiger  $C$  in jeder zweiten Zeile die konjugiert-komplexe Lage  $C^*$  einnimmt. Ein Phasenfehler  $\beta$  wirkt sich auch auf den konjugiert-komplexen Vektor  $C^*$  aus, und zwar in der gleichen Richtung. Da nun im Decoder die negativen Phasenlagen der  $V$ -Komponente jeweils in die positive Richtung zurückgeschaltet werden, ergeben sich nach *Bild 2* in benachbarten Zeilen entgegengesetzt gleiche Phasen- und damit Farbtonabweichungen. Man erkennt in *Bild 2* deutlich, daß sich bei Addition der Farbinformationen beider benachbarter Zeilen (vektorielle Addition der beiden Zeiger) wieder der richtige Farbton ergibt. Die bei Phasenabweichungen auftretenden Farbtonfehler des NTSC-Verfahrens werden beim PAL-Verfahren also vermieden.

### 3. Vorteile des PAL-Verfahrens in der Studioteknik

Als Walter Bruch Anfang der sechziger Jahre sein PAL-Verfahren entwickelte, war ich bei der Firma Fernseh GmbH (heute Broadcast Television Systems, BTS) in Darmstadt als Leiter einer Entwicklungsgruppe für Farbfernseh-Studiogeräte beschäftigt. Im März 1963 besuchten wir Herrn Bruch in Hannover, um uns die Leistungsfähigkeit seines Verfahrens demonstrieren zu lassen. Wir fuhren sehr beeindruckt nach Hause und beschlossen, das PAL-Verfahren im Studio zu erproben. Dabei stellte sich sehr schnell die Überlegenheit des PAL-Verfahrens gegenüber dem SECAM-Verfahren auch in der Studioteknik heraus.

Wie in *Bild 3a* zu erkennen, werden bei einer additiven Überblendung zweier NTSC- oder PAL-Signale von verschiedenen Bildquellen die Farbträger so gemischt, daß der resultierende Farbträgerzeiger auf einer Verbindungsgeraden zwischen den beiden Endzeigern läuft. Das bedeutet einen Farbübergang, wie er auch bei einer Filmüberblendung abläuft. Nicht so bei SECAM: Die additive Mischung der beiden frequenzmodulierten Farbträger ergibt völlig unsinnige Interferenzfrequenzen. Aus diesem Grunde muß – wie in *Bild 3b* dargestellt – im Mischer jedes Signal in die Luminanz- und Chrominanzkomponente zerlegt werden. Die beiden Chrominanzkomponenten werden demoduliert und dann parallel zur Luminanz überblendet. Natürlich muß das Chrominanzsignal nach der Überblendung wieder remoduliert werden. Durch dieses Demodulieren und Remodulieren geht Qualität verloren, und außerdem sieht der Studiotekniker diese Zerlegungsmethode gar nicht gerne. Sie widerspricht dem Prinzip des Einkanal-Umschaltsystems.

Mit diesen und weiteren Studien zur Überlegenheit des PAL-Verfahrens im Studio konnten wir in der Folgezeit Walter Bruch bei seinem Kampf um die Durchsetzung sei-

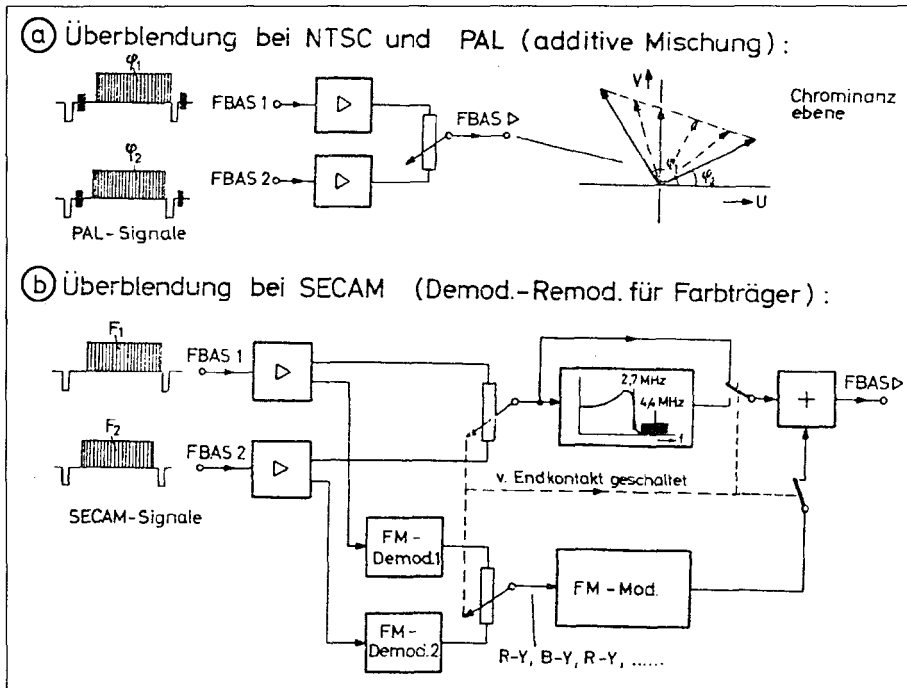


Bild 3:

Vergleich der Überblendung zweier NTSC/PAL-Signale und zweier SECAM-Signale  
in einem Farbfernsehstudio

nes Verfahrens gegenüber dem SECAM-System unterstützen. So wurde dafür gesorgt, daß bei der Einrichtung des ersten deutschen Farbfernseh-Versuchsstudios – eine Aktivität des WDR in Köln-Ehrenfeld – schon sehr bald PAL-Coder eingebaut werden konnten.

#### 4. Der PAL-Farbfernsehstart

Auf der CCIR-Tagung im März 1965 in Wien kristallisierte sich heraus, daß in der Bundesrepublik das Farbfernsehen mit dem PAL-Verfahren eingeführt werden würde. Bis zum offiziellen Farbfernsehstart waren es nur noch  $2\frac{1}{2}$  Jahre, der Aufbau von PAL-Farbfernsehstudios war also mit höchster Eile und Anstrengung in Angriff zu nehmen. Der schnellste Weg, zu kompletten Farbfernseh-Produktionseinrichtungen zu kommen, war für die Rundfunkanstalten die Bestellung von Farb-Ü-Wagen, rollenden kompletten Farbfernsehstudios sozusagen. Drei Übertragungswagen für den NDR, den WDR und



das ZDF wurden in meiner damaligen Firma Fernseh GmbH in Darmstadt mit den in unseren Labors entwickelten neuen PAL-Anlagen ausgerüstet und kamen auf der 10. Internationalen Funkausstellung in Berlin zum Einsatz.

Der Farb-Ü-Wagen „FÜ 1“ des NDR hatte die Ehre, die Eröffnungsveranstaltung der Funkausstellung am Morgen des 25. August 1967 zu übertragen, auf der die Farbe mit dem legendären Knopfdruck Willy Brandts eingeschaltet wurde. Natürlich war dieser Knopf nur ein „Dummy“, der verantwortliche Ingenieur im Ü-Wagen schaltete nach Beobachtung über einen Fernsehmonitor die Farbe in der Aufregung zu früh ein. Außerdem konnte der Farbanteil von der Magnetaufzeichnung durch einen Bedienungsfehler zunächst nicht abgespielt werden – erst später fand man hierfür eine Lösung. Von all diesen kleinen Fehlern, die durch die nervenaufreibende Anspannung des historischen Augenblicks ausgelöst wurden, merkten die staunenden Farbfernseh-Zuschauer wenig. Schnell waren diese Anfangs-Pannen vergessen, alle weiteren Farbfernsehsendungen liefen dann ja auch völlig störungsfrei. Für uns Entwicklungsingenieure der Fernseh GmbH war diese Bewährungsprobe der ersten Farbfernsehanlagen von immenser Bedeutung.

## 5. Verbesserungen des PAL-Verfahrens

Es hat sich in den letzten 25 Jahren gezeigt, daß PAL das beste analoge Farbfernseh-Übertragungssystem ist. Ende der siebziger Jahre begann man an den Universitäten und in den Vorentwicklungslabors der Industrie, des Rundfunks und der Telekom mit Arbeiten zur Digitalisierung des Studios und des Heimempfängers. Dadurch konnten auch die letzten Qualitätsreserven des PAL-Verfahrens freigesetzt werden. Mit digitalen Fernsehempfängern läßt sich daher das PAL-Bild wie folgt verbessern:

- Bessere Trennung zwischen Luminanz und Chrominanz (Kantenunruhe wird vermieden)
- Rauschreduktion
- Bildschärfeverbesserung
- Flimmerreduktion.

Eine weitere entscheidende Verbesserung des Empfangsbildes bahnt sich gerade an: Der Übergang vom bisherigen Bildformat 4:3 zum „Breitbildformat“  $(4:3)^2 = 16:9 = 5,33:3$ . Damit gelingt eine bessere Anpassung an die Breitbildtechnik des Films und an die Eigenschaften des Gesichtssinns.

## 6. Das PALplus-Verfahren

Ursprünglich sollte das Breitbildformat mit HDTV (= **H**igh **D**efinition **T**elevision) – bzw. mit dem hierzu kompatiblen D2-MAC-Verfahren, einem neuen Satelliten-Übertragungssystem erhöhter Bildqualität – eingeführt werden. Um diese beiden neuen Fernsehverfahren ist es jedoch inzwischen still geworden. Die Fachwelt entwickelt derzeit

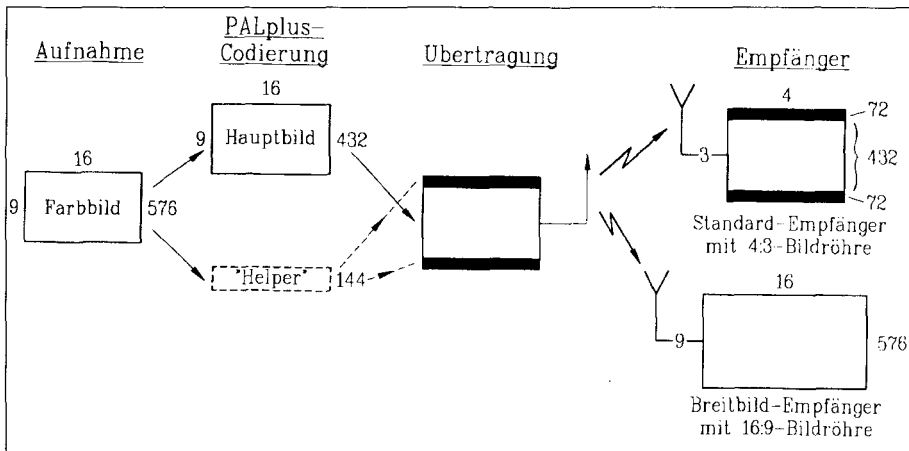


Bild 4:  
Prinzip des PALplus-Verfahrens

digitale Fernseh-Übertragungsverfahren, so daß nicht nur das Studio und der Heimempfänger digital arbeiten, sondern auch die gesamte Fernsehübertragung digital durchgeführt werden kann. Im ersten Schritt soll die Satellitenübertragung für das heutige Standard-Fernsehen digital erfolgen. Später wird man auf eine digitale HDTV-Übertragung übergehen.

Bei HDTV wird mit Sicherheit die Breitbildtechnik verwendet werden, beim Standard-Fernsehen wird es lange Zeit beide Formate geben. Daraus ist nun die Forderung entstanden, auch für terrestrische Fernsehsendungen in PAL das Breitbildformat vorzusehen. Dieses PALplus-Verfahren wurde in der Industrie bereits entwickelt und von einer „PALplus-Strategiekommission“ aus Mitgliedern der Industrie und des Rundfunks begleitet, so daß dessen baldige Einführung recht wahrscheinlich ist.

Bild 4 zeigt das Prinzip des PALplus-Verfahrens. Das Breitbild der Aufnahmeseite wird von 576 aktiven (also sichtbaren) Zeilen auf 432 Zeilen reduziert, so daß der heutige Standard-Empfänger mit 4:3-Bildröhre das 16:9-Bild wiedergeben kann.

Es entstehen dann allerdings die von der Übertragung eines Cinemascope-Filmes her bekannten schwarzen Streifen oberhalb und unterhalb des Breitbildes. In diesen schwarzen Streifen werden nach Bild 4 die fehlenden  $2 \times 72 = 144$  Zeilen verschlüsselt als sogenanntes vertikales „Helper“-Signal übertragen. Der neue Breitbild-Empfänger mit 16:9-Bildröhre kann dann diese fehlenden Zeilen wieder zusetzen und produziert so die volle vertikale Bildschärfe eines 625-Zeilen-Bildes.

## 7. Ausblick

Mit diesen Anpassungen an die Weiterentwicklungen der modernen Fernsehtechnik hat das PAL-Verfahren neue Attraktivität erlangt. Der Übergang auf eine digitale Übertragungstechnik für die Fernsehverteilung macht die Installation eines völlig neuen Fernsendsendernetzes (mit ganz anderen Fernsehempfängern) erforderlich. Dazu aber werden noch viele Jahre die volkswirtschaftlichen Möglichkeiten fehlen. Der Fernsehkunde wird es nicht einsehen, daß er für einen digitalen Fernsehdienst zusätzliche finanzielle Mittel aufbringen soll, auch wenn ihm mit dieser Digitalisierung noch einmal eine Vervielfachung der Kanalzahl bei gleicher Bildqualität versprochen wird. Er ist mit seinem heutigen PAL-Bild zufrieden. Der Erfolg des PAL-Verfahrens läßt sich zweifellos auf den vorzüglichen Kompromiß zwischen Übertragungsaufwand und Bildqualität zurückführen. Damit wird dem PAL-Verfahren noch ein langes Leben beschieden sein.

# KLASSENSITZUNGEN

HEIKO HARBORTH, Braunschweig

## Gleiche Abstände in ebenen Punktmengen

Hannover, 14. Mai 1993\*

Kann man  $n$  Punkte in der Ebene so finden, daß alle  $n = (n^2 - n)/2$  paarweise Abstände gleich lang sind? Für  $n \leq 3$  Punkte ist dieses leicht möglich. Für  $n = 4$  hat nur ein Punkt in der Ebene eines gleichseitigen Dreiecks den gleichen Abstand zu allen drei Eckpunkten. Da dieser Abstand ungleich der Seitenlänge des gleichseitigen Dreiecks ist, können also höchstens fünf Abstände bei vier Punkten gleich sein, wie etwa bei zwei gleichseitigen Dreiecken, die eine Seite gemeinsam haben.

Wird nun mit  $f(n)$  die maximale Anzahl von gleichen Abständen für  $n$  Punkte in der Ebene bezeichnet, so ist es überraschend, daß bis heute nur die weit voneinander entfernten Abschätzungen

$$n^{1+c_1/\log \log n} < f(n) < c_2 n^{4/3}$$

mit Konstanten  $c_1$  und  $c_2$  bekannt sind. Die wahre Größenordnung von  $f(n)$  wird von P. Erdős seit 1946 bei der unteren Abschätzung vermutet, und er bietet 500 U.S.-Dollar für einen Beweis oder ein Gegenbeispiel an. Für  $n \leq 14$  sind die exakten Werte von  $f(n)$  kürzlich gemeinsam mit C. Schade bestimmt worden, und es gilt etwa  $f(14) = 33$ .

Anordnungen von Punkten mit vielen Einheitsabständen sind auch für ein altes Färbungsproblem von Nelson, Hadwiger und L. Moser von Interesse. Hier sollen alle Punkte der Ebene mit der kleinstmöglichen Anzahl  $\chi$  von Farben so gefärbt werden, daß keine zwei Punkte mit Abstand 1 von gleicher Farbe sind. Seit vielen Jahren ist nur  $4 \leq \chi \leq 7$  bekannt. Die von uns für  $f(n)$  konstruierten Punktmengen benötigen alle höchstens vier Farben.

Der größte Abstand unter  $n$  Punkten kann maximal  $n$ -mal vorkommen (Pannwitz 1934). Die maximale Anzahl zweitgrößter Abstände ist  $\lfloor \frac{3}{2}n \rfloor$  (Vesztergombi 1987).

Das maximale Auftreten des kleinsten Abstandes unter  $n$  Punkten ist  $\lfloor 3n - \sqrt{12n - 3} \rfloor$  (Harborth 1974). Dieses Problem ist zu der Frage nach möglichst vielen Berührungspunkten in einer Lagerung von  $n$  gleichgroßen Münzen auf einem Tisch gleichwertig. Für  $n = 3t^2 + 3t + 1$  wird die Maximalzahl nur angenommen, wenn die Anordnung ein regelmäßiges Sechseck ist.

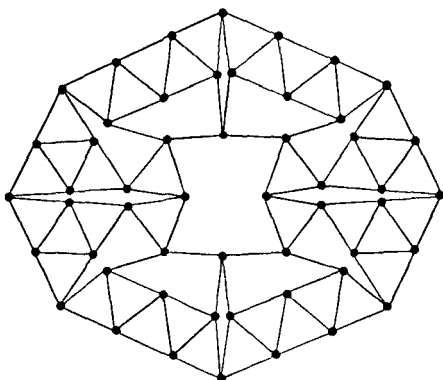
---

\* Vortrag vor der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (Zusammenfassung).

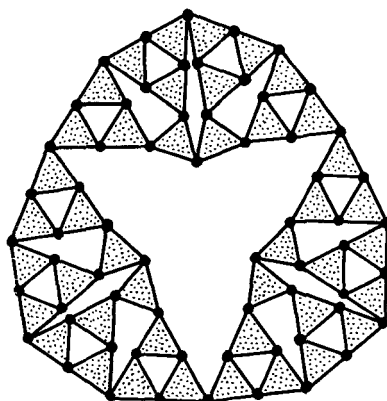
Die maximale Anzahl des zweitgrößten Abstandes unter  $n$  Punkten ist asymptotisch  $\frac{24}{7}n$  (P. Braß 1992). Dieses gilt aber nur, wenn das Verhältnis von kleinstem zu zweitkleinstem Abstand genau  $2 \sin 15^\circ$  ist, in allen anderen Fällen ist die Anzahl  $< 3n$ .

Nun soll jeder Punkt zu genau  $k$  anderen der Punkte den Abstand 1 haben. Die kleinste Anzahl  $p(k)$  von solchen Punkten ist  $\leq (\sqrt{3})^k$ . Als exakte Werte sind nur  $p(1) = 2$ ,  $p(2) = 3$ ,  $p(3) = 6$ ,  $p(4) = 9$  und  $p(5) = 18$  bekannt.

Wird von zwei sich überkreuzenden Abstandsstrecken jeweils nur eine zugelassen, so existieren für  $k \leq 5$  keine solchen Punktmengen mit genau  $k$  Einheitsabständen zu anderen der Punkte. Die kleinsten Anzahlen  $p_1(k)$  von Punkten sind  $p_1(1) = 2$ ,  $p_1(2) = 3$ ,  $p_1(3) = 8$ , und für  $k = 4$  ist bisher nur  $p_1(4) \leq 52$  bekannt (siehe Figur 1).



Figur 1



Figur 2

Beispiele von genau vier sich nicht überkreuzenden Abständen von jedem Punkt aus ergeben sich auch, wenn man gleichseitige Einheitsdreiecke so in die Ebene legt, daß jeder Eckpunkt gemeinsamer Eckpunkt von genau zwei Dreiecken ist und keine Überlappungen vorkommen. Bisher ist nur bekannt, daß die kleinste Anzahl von Dreiecken  $\leq 42$  ist (siehe Figur 2).

Verbietet man, daß zwischen drei Dreiecken nur ein Einheitsdreieck frei bleibt, so benötigt die bisher kleinste bekannte Anordnung bereits 3800 Dreiecke.

Läßt man auch Überlappungen bei solchen Eckpunkt-an-Eckpunkt-Anordnungen von kongruenten regelmäßigen Vielecken zu, so ergibt sich auch die Frage, ob die Anordnungen starr oder beweglich sind. Gibt es zum Beispiel eine solche Anordnung von regelmäßigen Fünfecken, die starr ist?

ROBERT HAUL

## **Molekularer Transport in porösen Netzwerken – Adsorbentien, Katalysatoren**

Braunschweig, 12. November 1993\*

### **1. Einführung**

Poröse Feststoffe, wie Silikagel, Aktivkohle, Zeolithe, Pellets aus feinteiligen Oxiden oder keramische Materialien, spielen in der Technik eine große Rolle. Insbesondere handelt es sich dabei um Prozesse der Stofftrennung und der Heterogenen Katalyse. Beispiele sind die Trennung von Kohlenwasserstoffen in der Petrolchemie oder die Luftzerlegung durch Adsorptionsverfahren. Ferner katalytische Reaktionen, wobei poröse Feststoffe als Katalysator oder Träger für Katalysatoren dienen.

Entscheidend ist in allen Fällen die Größe und Zugänglichkeit der inneren Oberfläche der porösen Festkörper. Hierfür ist maßgebend die Porosität, die Verteilung der Porenweiten  $d_p$ , sowie die Porentextur und Vernetzung. Man unterscheidet Makroporen  $d_p > 50$  nm, Mesoporen  $2 < d_p < 50$  nm und Mikroporen  $d_p < 2$  nm [1]. Typischerweise beträgt für mesoporöse Adsorbentien und Katalysatoren die spezifische Oberfläche 10 bis 200 m<sup>2</sup>/g. Poröse Feststoffe, wie Silikagel, können aus unregelmäßig verzweigten Netzwerken von Makro-, Meso- und Mikroporen bestehen. Andererseits können in kompaktierten Pellets mesoporöse Haufwerke von massiven Teilchen unterschiedlicher Größe und Gestalt vorliegen. Bei Pellets aus Zeolithen handelt es sich um Aggregate aus mikroporösen Kristalliten, die durch Bindemittel miteinander verbunden sind.

### **2. Transport-Mechanismen**

Die Stofftrenn-Prozesse beruhen auf unterschiedlicher, relativ schwacher Physisorption der betreffenden Molekülararten an Porenoberflächen bzw. in Mikroporen. Bei heterogen-katalytischen Reaktionen ist mindestens einer der Reaktionspartner durch Chemisorption fester gebunden. Für die Kinetik der Prozesse ist bei Trennvorgängen der Stofftransport, bei der heterogenen Katalyse neben der chemischen Reaktion der hierdurch beeinflusste Stofftransport maßgebend.

---

\* Vortrag vor der Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 12. November 1993.

Folgende Transport-Mechanismen sind zu unterscheiden:

1. *Makroporen*: Bei relativ hohen Stoffkonzentrationen, d. h. sehr kleinen mittleren freien Weglängen der Moleküle,  $\lambda \ll d_p$ , führen Stöße zwischen Molekülen zur viskosen Poiseuille Strömung.

2. *Mesoporen*: Bei entsprechend niedrigen Konzentrationen, d. h.  $\lambda \geq d_p$ , erfolgen bei weitem überwiegend molekulare Stöße mit Porenoberflächen unter Energieaustausch und dementsprechend willkürlicher Reflektion, sog. Knudsen Diffusion. Daneben können, abhängig von Konzentration und Temperatur, Moleküle an Porenwänden physisorbiert werden. Unter Aufnahme einer Aktivierungsenergie  $E^*$  können sie durch Platzwechsel diffundieren, sog. Oberflächendiffusion. Dabei ist die Verweilzeit der Moleküle am Adsorptionsplatz  $t = t_0 \exp. (E^*/RT)$ .

3. *Mikroporen*: In diesem Fall ist die Porenweite vergleichbar mit dem Moleküldurchmesser des Adsorptivs, so daß der Begriff Oberfläche seinen Sinn verliert. Vielmehr ist der Transport in Mikroporen eher mit der Diffusion in Festkörpern vergleichbar. Beispielsweise handelt es sich bei Zeolithen um aktivierte Platzwechselvorgänge von Molekülen in „Kanälen“ oder Durchtritt durch „Fenster“ zwischen „Käfigen“.

Die Stofftransportvorgänge werden beim Vorliegen eines Konzentrationsgradienten durch sog. Transport-Diffusions-Koeffizienten  $D$  charakterisiert. Erfolgt die Diffusion unter Gleichgewichtsbedingungen, so spricht man von Selbst-Diffusions-Koeffizienten  $\bar{D}$ . Der Zusammenhang zwischen beiden Diff.Koeff. ergibt sich daraus, daß die molekulare Platzwechsel-Wahrscheinlichkeit proportional zum lokalen Gradienten des chemischen Potentials ist. Dementsprechend kann eine Umrechnung von Transport- in Selbst-Diff.Koeff. durch einen thermodynamischen Faktor erfolgen.

Zur Messung des Stofftransports und der molekularen Beweglichkeit in porösen Festkörpern stehen eine Reihe von stationären und nicht-stationären Methoden zur Verfügung. Besonders wichtig sind Messungen der Permeation, sowie der Ad- und Desorptionskinetik. Zur Messung der Selbst-Diffusion dient vor allem die NMR Spektroskopie.

### 3. Beispiele für den Stofftransport in porösen Festkörpern

Für die technisch besonders wichtigen meso- und mikroporösen Adsorbentien und Katalysatoren sollen die Transportvorgänge an zwei typischen Beispielen erläutert werden.

1. *Mesoporöse Feststoffe*, wie Silikagel oder Pellets aus feinteiligen Oxiden. Als Beispiel möge eine frühere Untersuchung [2] dienen zur Diffusion von Benzol in einem zylindrischen, an den Stirnflächen zugänglichen Preßling aus kugelförmigen, röntgenamorphen  $\text{SiO}_2$  Teilchen, Aerosil Degussa; Teilchengröße um 20 nm, Porosität des Preßlings 0,5, mittlere Porenweite 5 nm.

Aus Messungen von Adsorptions-Geschwindigkeiten mit einer Hochvakuum, automatisch registrierenden Mikrowaage wurden zunächst effektive Diff.Koeff.  $D_e$  ermittelt. Messungen der Permeation von nicht-adsorbiertem Helium ergaben durch Umrechnung auf die Molmasse des Benzols den Knudsen Diff.Koeff.  $D_K$ . Mit Hilfe von Adsorptionsisothermen wurden dann Oberflächen-Diff.Koeff.  $D^s$  ermittelt (Abb. 1). Dabei entspricht der Bedeckungsgrad  $\Theta = 1$  einer vollständigen Adsorptions-Monoschicht. Unter den angegebenen Bedingungen liegt  $D_e$  in der Größenordnung von  $10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/s bzw.  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s.

Auf der energetisch heterogenen Oberfläche werden zunächst Plätze mit größerer Adsorptionsenergie besetzt. Wegen der mit  $\Theta$  zunächst abnehmenden Aktivierungsenergie für den Platzwechsel steigt  $D_e$  an. Andererseits nimmt die Zahl der freien Plätze auf der Oberfläche ab und dementsprechend durchläuft  $D_e$  ein Maximum bei  $\Theta$  etwa 0.5. In Abb. 2 ist neben  $D_e$  der Verlauf von  $D^s$  angegeben, wobei die Oberflächendiffusion 60 bis 80 % des Stofftransports ausmacht. Ferner ist der Verlauf des Oberflächen-Selbst-Diff.Koeff.  $D^{s*}$  in Abhängigkeit von  $\Theta$  veranschaulicht.

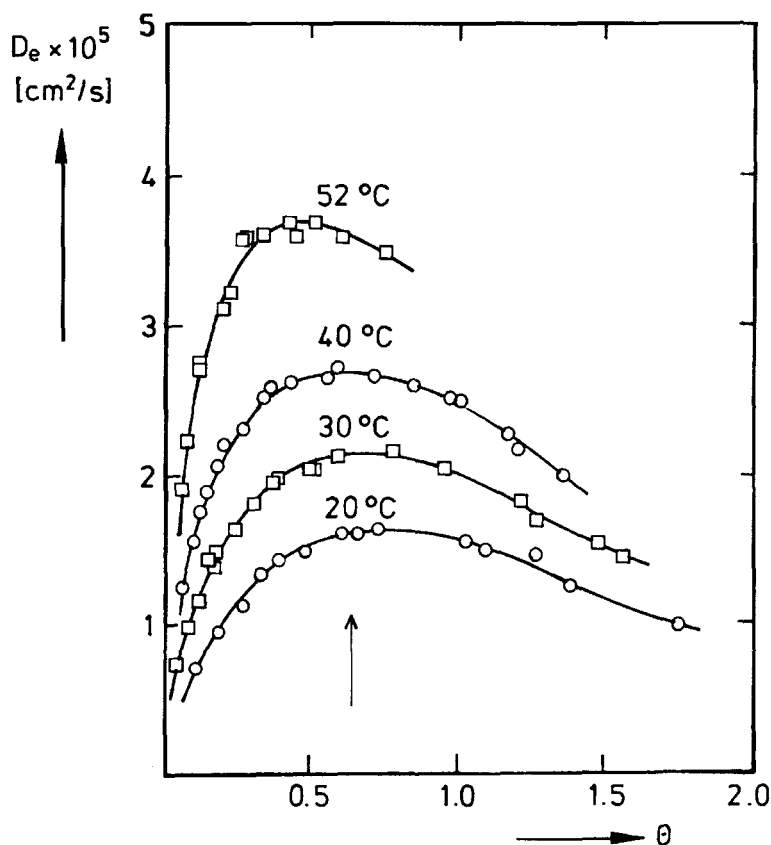


Abb. 1:

Effektive Diff.Koeff.  $D_e$  in Abhängigkeit vom Oberfl. Bedeckungsgrad  $\Theta$ , Benzol/Aerosil Pressling [2]



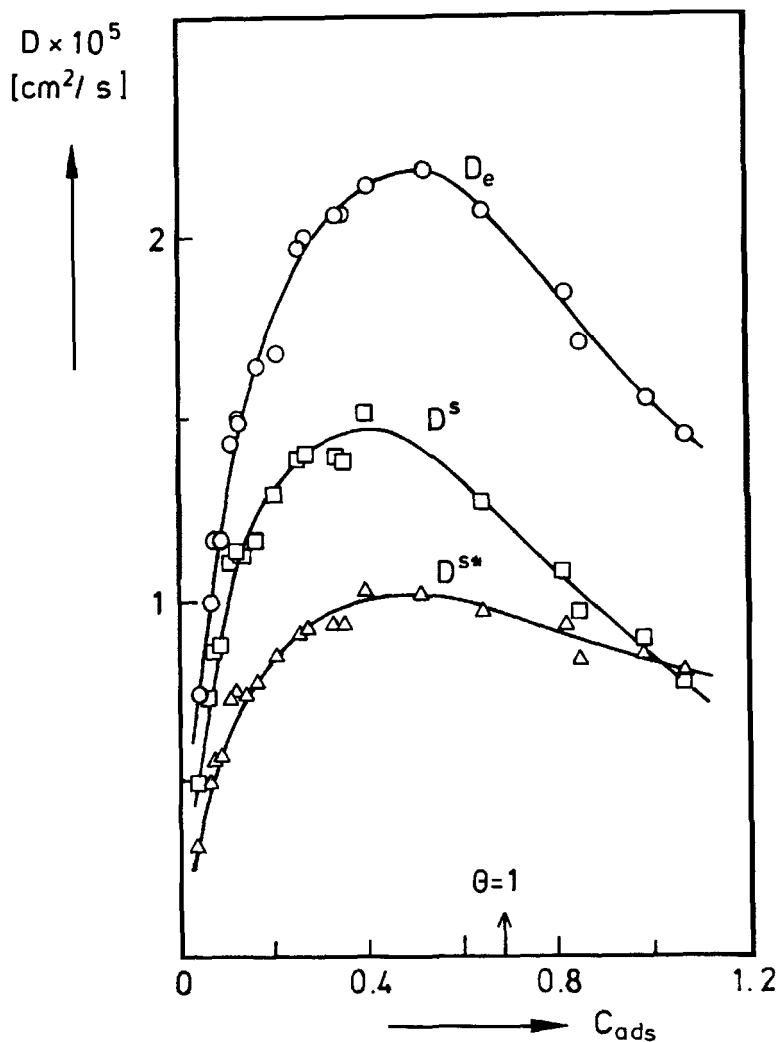


Abb. 2:

$D_e$ -effektiver-,  $D^s$ -Oberflächen-,  $D^{s*}$ -Oberfl.Selbst-Diff.Koeff. Benzol/Aerosil Pressling, 29° C. [3]

Zur Messung von Selbst-Diff.-Koeff. wurde in unserem damaligen Arbeitskreis bereits frühzeitig die NMR Methode unter Verwendung gepulster Feldgradienten herangezogen [2, 3]. Inzwischen ist diese Methodik besonders durch eine Forschergruppe der Universität Leipzig unter Anwendung auf mikroporöse Zeolithe vielseitig weiterentwickelt worden [4, 5]. Neuerdings dient die Quadrupol Deuterium NMR beispielsweise zur Charakterisierung der Reorientierungs-Dynamik von Molekülen in porösen Netzwerken [6].

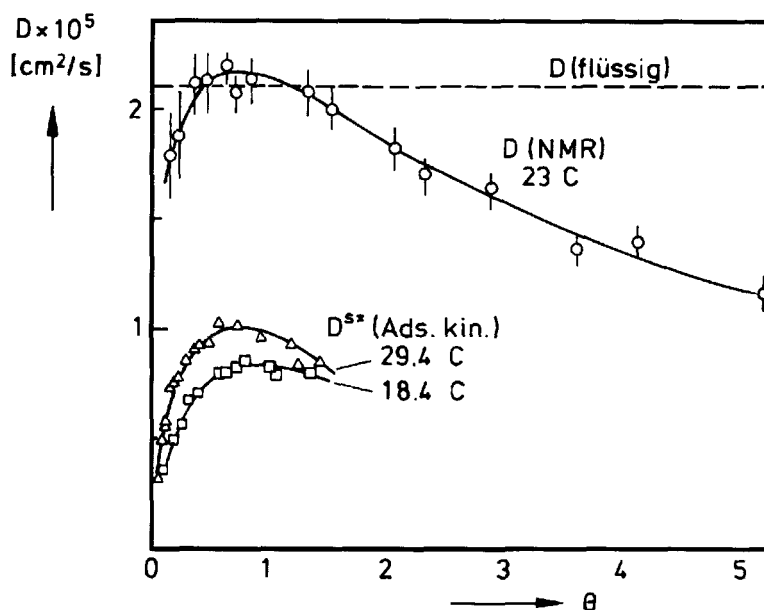


Abb. 3:

Vergleich von Selbst-Diff.Koeff. in flüssigem und an Aerosil Porenoberflächen ads.Benzol [3]

Abb. 3 ermöglicht einen Vergleich der Selbstdiffusion in flüssigem Benzol mit der an Oberflächen aufgrund von NMR und adsorptionskinetischen Messungen. Unterschiede zwischen  $D^{s*}$  aufgrund der beiden Meßmethoden können darauf zurückgeführt werden, daß der Sorptionsvorgang infolge der freiwerdenden Adsorptionswärme nicht streng isotherm verläuft. Dies beeinflusst das Adsorptions-Gleichgewicht und  $D^{s*}$ . Für die Berücksichtigung solcher Einflüsse liegt inzwischen eine vollständige mathematische Lösung vor für die Überlagerung von Adsorption und Diffusion, sowie der Wärmeleitung im Innern und des Wärmeübergangs an der äußeren Oberfläche des Pellets [7, 8, 5]. Zur Erklärung des Unterschieds zwischen  $D^{s*}(\text{Ads.Kin.})$  und  $D^{s*}(\text{NMR})$  wurde damals bereits darauf hingewiesen [3], daß bei den NMR Messungen das mittlere Verschiebungsquadrat in Richtung des Feldgradienten bestimmt wird. Dieser bisher nicht berücksichtigte Einfluß kann bei neuerdings verwendeten sehr viel größeren Feldgradienten wesentlich werden.

2. *Mikroporöse Feststoffe*, wie Aktivkohle, Kohlenstoff-Molekularsiebe, Zeolithe, Zeolith-Typ Phosphate. Die Diff.Koeff. liegen für diese Stoffgruppen in einem weiten Bereich von etwa  $10^{-9}$  bis  $10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ . Zur experimentellen Bestimmung kommen besonders adsorptionskinetische Methoden und – sofern die Diff.Koeff. groß genug sind – die NMR Verfahren in Betracht.

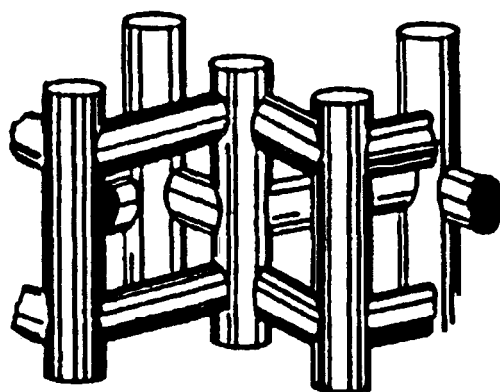
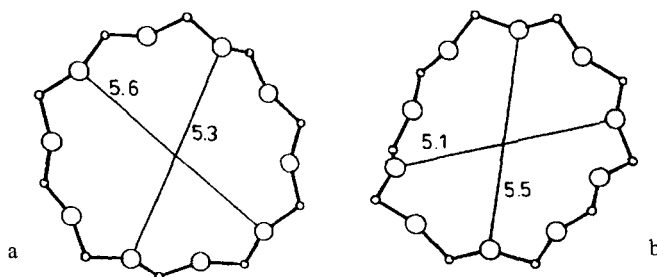


Abb. 4:

Struktur und Weite (Å)

- a) gerade Kanäle [010],  
 b) zickzack Kanäle [100], in  
 Silicalite/ZSM-5.

○ = Sauerstoff-Atome  
 ○ = Silizium-Atome



Als typisches Beispiel möge die Diffusion von  $C_8H_{10}$  Kohlenwasserstoffen, d.h. Xylol-Isomere und Ethylbenzol, im ZSM-5 Zeolith dienen [5]. Dieser Zeolith ist in der Petrolchemie von großer Bedeutung und u. a. auch für die mögliche katalytische Umwandlung von Methanol in Benzin von Interesse. Das Si/Al-Verhältnis im ZSM-5 kann in weitem Bereich variiert werden, von im allgemeinen 20 bis über 1000 im Silicalite. Die ZSM-5 Struktur ist ausgezeichnet durch ein Netzwerk von geraden und dazu senkrecht verlaufenden Zickzack Kanälen aus 10-Ring-Sauerstoffen. Die Weite dieser Ringe liegt in der Größenordnung der Molekülabmessungen (Abb. 4). Bei Raumtemperatur betragen die Diff.Koeff. in Silicalite/ZSM-5 etwa: p-Xylol  $5 \times 10^{-15}$ , Ethylbenzol  $10^{-15}$ , o-Xylol  $10^{-16} m^2/s$ . Die Temperaturabhängigkeit  $D = D_0 \exp. (E^*/RT)$  ergibt für die Isomeren eine etwa gleiche Aktivierungsenergie  $E^*$  von etwa 30 kJ/mol. Dies zeigt, daß die Unterschiede in den Diff.Koeff. durch Entropie-Effekte in der Reorientierungs-Dynamik der Moleküle bedingt sind, die in  $D_0$  zum Ausdruck kommen.

#### 4. Molekular-Dynamische Simulations-Rechnungen

In letzter Zeit hat man begonnen, die Beweglichkeit sorbierter Moleküle in geordneten Porennetzwerken durch molekular-dynamische Rechnungen zu simulieren. Die ersten Beispiele betrafen die Xe [9] und  $CH_4$  [10] Diffusion im Silicalite-ZSM-5. Hierzu

wurde die Monte Carlo Methode benutzt unter Verwendung des 6,12 Lennard-Jones Potentials für die Wechselwirkung zwischen dem sorbierten Molekül und den benachbarten 10-Ring-Sauerstoffen des Porenkanals (vgl. Abb. 4). Aus den berechneten Trajektorien wurden Selbst-Diff.Koeff. ermittelt: 298 K, Xe ( $\varnothing$  0.44 nm), 4 Xe pro Einheitszelle, gerade Kanäle  $\exists = 4.03 \cdot 10^{-9}$ , zickzack Kanäle  $1.26 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ , zum Vergleich NMR  $4.00 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $\text{CH}_4$  ( $\varnothing$  0.42 nm übereinstimmend aus Rechnung und NMR  $6.5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ). Dabei liegen allerdings insofern einfache Verhältnisse vor, als es sich um geordnete Zeolith Porenstrukturen handelt. Außerdem entfallen beim Silicalite Wechselwirkungen des sorbierten Moleküls mit den sonst in Zeolithen entsprechend dem Si/Al-Verhältnis vorhandenen, auf verschiedenen Gitterplätzen befindlichen einwertigen Kationen.

## 5. Routine-Messung der Sorptionskinetik

So aufschlußreich solche molekular-dynamischen Simulationsrechnungen für eine theoretische Interpretation zum Mechanismus des Stofftransports sein mögen, in der Praxis kommt man natürlich um experimentelle Untersuchungen nicht herum. Vielfach liegen komplizierte, ungeordnete Porennetzwerke und biporöse Systeme vor. Unter Betriebsbedingungen können sich die Porentexturen von Adsorbentien und Katalysatoren ändern, oder es können Ablagerungen erfolgen, z. B. sog. „coke“-Bildung bei katalytischen Reaktionen.

Die NMR-Meßmethodik ist aufwendig und erfordert kostspielige Großgeräte. Praktisch wichtig sind vor allem adsorptions-kinetische Verfahren [2, 5, 11, 12]. Daneben kommen chromatographische Messungen [5] und die sog. Wicke-Kallenbach Permeations-Methode [13, 5] in Betracht. Es fehlt jedoch ein einfaches Routine-Meßverfahren zur Ermittlung der Sorptionskinetik.

Schon vor vielen Jahren wurde zur Bestimmung von Sorptions-Geschwindigkeiten eine einfache Meßmethode mit der zur Ermittlung von Diff.Koeff. erforderlichen mathematischen Auswertung veröffentlicht [12]. Hierbei befindet sich in einem konstanten Volumen das Adsorbens mit dem Adsorptiv zunächst im Gleichgewicht, das dann durch eine plötzliche Druckänderung gestört wird. Durch zeitliche Druckmessungen wird die Einstellung des neuen Gleichgewichts verfolgt. Später wurden Meßverfahren entwickelt, bei denen das Antwortsignal bei periodischen, z. B. sinusartigen Druckstörungen registriert wird [14]. Eine neuerdings angewendete „single step“-Variante schließt sich an das ursprüngliche Meßprinzip [12] an und wurde zur Ermittlung von Diff.Koeff. in Zeolith Einkristallen angewendet [15].

Zur Entwicklung eines Routinemeßverfahrens wurde die frühere Drucksprungmethode unter Verwendung eines manometrischen Differenz-Meßprinzips wieder aufgenommen. Dies hatte sich inzwischen bei einem Verfahren zur Bestimmung von spezifischen Oberflächen feinteiliger oder poröser Feststoffe vielfach bewährt [16].

Im Prinzip (Abb. 5) handelt es sich bei dem sorptions-kinetischen Meßgerät um zwei gleichgroße mit Metallbälgen versehene Meßvolumina, von denen das eine die Probe

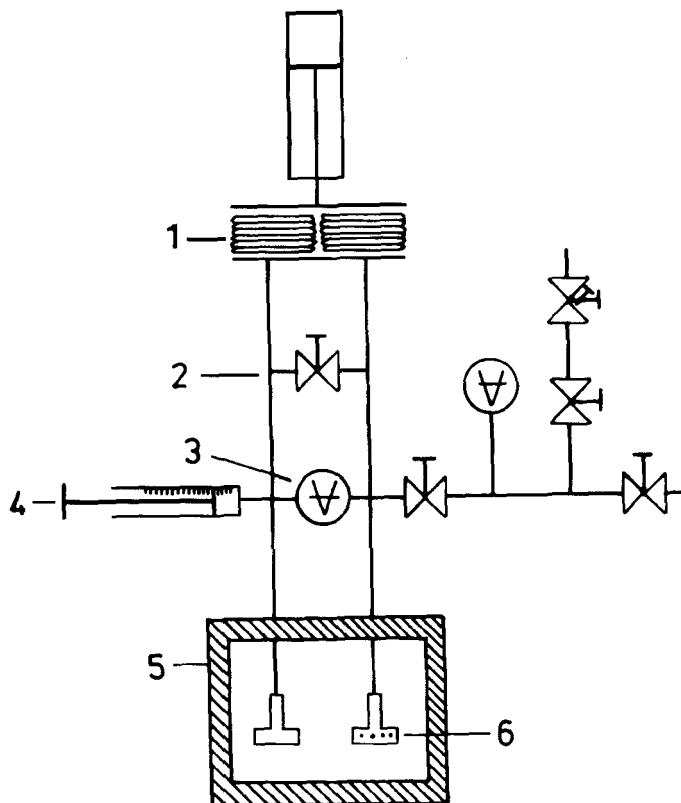


Abb. 5:

*Prinzip des Differenz-manometrischen Drucksprung-Relaxations-Meßverfahrens zur Ermittlung der Sorptionskinetik.*

1. Metall-Bälge, 2. Verbindungs-Ventil, 3. Differenz-Drucksensor,  
4. Vorrichtung zur automat. Volumenabgleichung, 5. Thermostat,  
6. Meßgefäß mit Probe.

enthält. Beide sind mit dem Adsorptiv bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gefüllt. Durch gleichartige, zum Beispiel pneumatisch ausgelöste kurzzeitige Volumenänderung der Bälge erfolgt ein Drucksprung. Anschließend wird der Relaxationsvorgang durch Messung der zeitlichen Änderung des Differenzdruckes registriert und zwar mit erheblicher größerer Genauigkeit als bei Absolutmessungen.

Der Aufbau des computer-gesteuerten Meßgeräts und die Ausarbeitung der numerischen Rechenverfahren zur Auswertung der Messungen waren Gegenstand einer sehr erfolgreichen Dissertation [17]. Das Gerät ermöglicht im einfachsten Fall die Aufnahme von ‚Fingerprints‘, die Aufschluß geben über den Stofftransport in z. B. Adsorbentien

oder Katalysatoren und über Veränderungen nach Verwendung unter Betriebsbedingungen. Bei Proben aus Festkörpern von definierter Größe und Gestalt können aus den Messungen Diffusions Koeffizienten, sowie Aussagen über die Porentextur und Transport-Mechanismen gewonnen werden. Inzwischen hat sich durch verschiedenartige Anwendungstests die Brauchbarkeit des Differenz-manometrischen Drucksprung-Relaxations-Meßgeräts erwiesen [18].

## Schlußbemerkung

Es lag mir daran, in diesem Vortrag einen kurzen Überblick und Ausblick zur Thematik zu geben. Zugleich bot sich für mich, gegen Ende meiner wissenschaftlichen Tätigkeit, die Gelegenheit zu einem Rückblick auf diesem Arbeitsgebiet.

## Literatur

- [1] IUPAC Recommendations, 'Reporting physical adsorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity' K. S. W. Sing, D. H. Everett, R. A. W. Haul, L. Moscou, L. Pierotti, J. Roquerol, T. Siemieniowska, Pure a. App. Chem. 57 (1985) 4, 603–619.
- [2] R. Haul und B. Boddenberg, Z. Phys. Chem. Neue Folge, 64 (1969) 78; Proc. 4th Intern. Congr. on Catalysis, Moskau 1968, paper 17.
- [3] B. Boddenberg, R. Haul, C. Oppermann, Surf. Sci. 22 (1970) 29
- [4] H. Pfeifer, 'NMR Basic Principles and Progress. Vol. 7, Springer, Berlin (1972) 53.
- [5] J. Kärger und D. M. Ruthven, 'Diffusion in Zeolithes and other Micro Porous Solids' John Wiley, New York, 1992.
- [6] B. Boddenberg, R. Burmester, Zeolites, 8 (1988) 488.
- [7] R. Haul, H. Stremming, J. Colloid Interface Sci. 97 (1984) 348.
- [8] R. Haul, H. Stremming, 'Characterization of Porous Solids', Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, 1988, 367–379.
- [9] S. D. Pickett, A. K. Nowack, J. M. Thomas, B. K. Petersen, J. F. P. Swift, A. K. Cheetham, C. J. J. den Ouden, B. Smit, M. F. Post, J. Phys. Chem. 94 (1990) 1233.
- [10] P. Demontis, E. S. Fois, G. B. Suffritti, S. Quartieri, J. Phys. Chem. 94 (1990) 4329.
- [11] R. M. Barrer, 'Diffusion in and through Solids', Univ. Press, Cambridge, 1951.
- [12] R. Haul, R. F. Schöning, Naturwiss. 40 (1953) 507; P. C. Carman, R. Haul, Proc. Roy. Soc. A. 209 (1954) 38.
- [13] E. Wicke, R. Kallenbach, Kolloid Z. 97 (1941) 135.
- [14] Y. Yasuda, J. Phys. Chem. 80 (1976) 1867
- [15] N. G. van den Begin, L. V. C. Rees, Proc. Intern. Zeolithe Conf., Amsterdam, 1989, p. 915.
- [16] R. Haul, G. Dümbgen, Chem. Ing. Tech., 8 (1963) 586.
- [17] V. Lerch, Dissertation, Univ. Hannover, 1993. Abt. Prof. Dr. Hesse, Inst. f. Techn. Chemie.
- [18] V. Lerch, D. Hesse, R. Haul, Publikationen in Vorbereitung.

---

Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. habil. Robert Haul  
Schillingstraße 5 · 30625 Hannover



HEINZ DUDDECK

## Ingenieuraufgaben beim Bau des Kanaltunnels

Braunschweig, 8. Oktober 1993\*

Ab Frühjahr 1994 werden Eisenbahnzüge in 26 Minuten von Calais nach Dover unter dem Ärmelkanal fahren: 1. spezielle Shuttle-Züge (hin und her zwischen französischem und britischem Terminal), getrennt für PKW und LKW im Huckepack-Betrieb, in Abständen von bis zu 15 Minuten, und 2. Hochgeschwindigkeitszüge in direkter Durchfahrt, 1995: London – Paris in 3 Stunden (statt bisher 7), London – Köln in 4 Stunden (statt bisher 11), 200 km/Std im Tunnel, bis zu 300 km/Std auf freier Strecke.

Ingenieure erfüllten den 200jährigen Traum der Anbindung der Insel Albion an den Kontinent in einer Bauzeit von fünf Jahren. Schon Albert Mathieu hatte unter Napoleon die ersten Pläne gezeichnet: Tunnelröhren mit Lüfterschächten und Öllampen für Pferdekutschen. 1872 wird die erste Tunnel-Gesellschaft gegründet. 1880 werden die ersten Stollen vorgetrieben: je 1,8 km auf englischer und auf französischer Seite. Doch britische Militärs stoppen das Unternehmen, weil eine Armee von 20.000 Soldaten in vier Stunden in England einmarschieren könne.

Nach neuerlichem Vertrag einer französisch-britischen Tunnelbaugesellschaft 1974 wird der Vortrieb der beiderseitigen Tunnelbohr-Maschinen 1975 abermals abgebrochen. Erst im dritten Anlauf werden die Bauarbeiten 1986 an ein privates Gremium vergeben (208 Banken und 500.000 Aktionäre sind beteiligt), am 1. 12. 1987 begonnen und 1993 beendet. Am 28. 11. 1990 erfolgt der Durchstich des mittleren Service-Tunnels. Was 1986 rd. 10 Milliarden US-Dollar kosten sollte, braucht am Ende – z. T. auch wegen erweiterter Sicherheitsvorkehrungen gegen Feuer, Sabotage etc. – 22 Milliarden US-Dollar. Nach Ablauf von 55 Jahren der Konzession an die Tunnelgesellschaft geht der Kanaltunnel in öffentliche Hände über.

Mit 51,8 km Länge ist der Kanaltunnel nicht der derzeit längste Tunnel der Welt, denn der Saikan-Tunnel zur Nordinsel Hokkaido in Japan ist 53,9 km lang. Geologen haben mit 3600 km Seismik und 110 Meeresbohrungen abgesichert, daß die Trasse ganz im Kreidemergel verläuft, bis zu 107 m unter dem Meeresspiegel mit Bodenüberdeckungen zwischen 25–45 m. Die britische Seite kann Tunnelauskleidungen einsetzen, die nicht sofort dicht sein müssen, weil der Vortrieb trocken ist, die französische Seite braucht wegen Wasserandrangs gummigedichtete Tunnelringe.

Den Ingenieuren vieler Fachrichtungen werden hohe Leistungen abverlangt. Die Geologen müssen den Baugrund und die Wasserverhältnisse darin zuverlässig erkunden. Die Geodäten vollbringen eine Meisterleistung: mit Satelliten, eigenen geodätischen Netzen, Spezial-Laser-Theodoliten im Tunnelinneren treffen sich die Service-

---

\* Vortrag vor der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (Zusammenfassung).



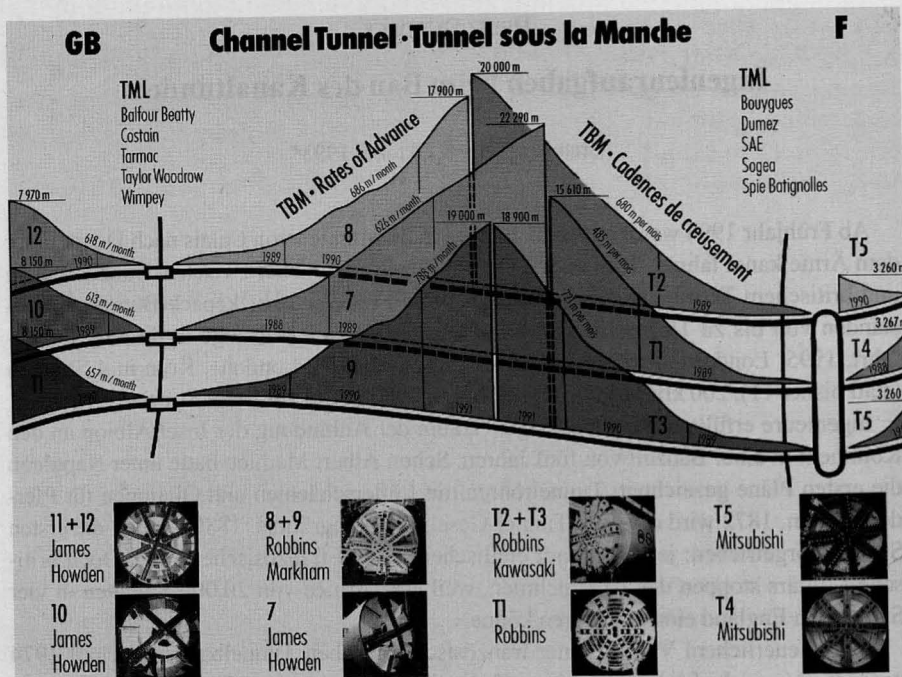


Bild 1:

Vortriebsleistungen der 11 beim Kanaltunnel eingesetzten Tunnelbohrmaschinen  
(Bild: Dr.-Ing. S. Babendererde)

Tunnelvortriebe nach britischen 22 km und französischen 15 km mit Genauigkeiten von 6 cm in der Höhe, 7 cm in der Länge, 36 cm in Seitenabweichung! Die den Tunnel entwerfenden Ingenieure müssen genau prognostizieren, wie der Bau gelingt, was alles für 120 Jahre Lebensdauer und die Betriebssicherung erforderlich ist. 306 Querstollen verbinden alle 375 m als Flucht- und Servicestollen die beiden Haupttunnel mit dem dazwischenliegenden Servicetunnel. Für den Druckausgleich der Luft vor den fahrenden Zügen (insbesondere der größeren LKW-Shuttles) sind alle 250 m zwischen beiden Haupttunneln Ausgleichsstollen von 2,0 m Durchmesser vorhanden. Etwa in den Drittelpunkten der Gesamtlänge erlauben große unterirdische Kavernen den Spurwechsel über Weichen zur jeweils anderen Röhre.

Die Tunnelingenieure setzen 11 Tunnelbohrmaschinen (TBM) ein (britische, japanische und US-amerikanische), von Anfahrkavernen (bei Dover) und einem großen 66 m tiefen Anfahrschacht (bei Sangatte) jeweils drei TBM seewärts und nach landeinwärts. Ein interner Wettbewerb der größten Vortriebsgeschwindigkeiten und der minimalen Störanfälligkeiten der TBM's begleitet den Vortrieb. Rekorde sind: 62 m Vortrieb pro Tag, 1000 m/Monat (s. Bild 1). Dies stellt höchste Anforderungen an das Baumanagement, die Logistik: Der gesamte Erdausbruch entspricht mit 7.5 Mill. m<sup>3</sup>

dreimal der Cheops-Pyramide. Die in eigenen Fabrikanlagen vorgefertigten Tübbinge der Betonauskleidung müssen viele km über Land und im Tunnel (bis zu 1000 Stück pro Tag) zur Bohrfront transportiert werden. Dazu sind eigene Elektro-Züge, Elektro-Anlagen, Lüftungssysteme und (auf französischer Seite) Aufbereitungsanlagen für die Trennung des verflüssigten Ausbruchs vom Bentonit zur umweltsicheren Deponierung erforderlich. Die großen Weichen-Kavernen (Cross-Overs), 16 m hoch, 22 m breit, 160 m lang, sind besonders kritische Herausforderungen an die Tunnelbauer.

Die Verkehrsingenieure planen und bauen die weitläufigen Terminals in Folkstone und Coquelles, in denen die PKW und LKW in wenigen Minuten zwischen Straße und Shuttle-Zügen wechseln. Je acht Laderampen sind zu bauen und Straßenzufahrten über die Shuttle-Wendeschleife hinweg. Die Sicherheitsingenieure entwerfen und testen Maßnahmen gegen Feuer, Rauch, Wassereinbruch, Zugunfall, Elektroausfall. Der Service-Tunnel erhält einen permanenten Luftüberdruck, damit er im Brandfall ein rauchfreier Fluchtweg bleibt. Die einzelnen Shuttle-Wagen haben Brandtüren und Halon-Gas-Löschsysteme. Die Lüfter sind redundant ausgelegt. Ständig steht in Rohrleitungen Kühlwasser von 5° C zur Verfügung. Die Umweltschutzingenieure planen vor allem die umweltgerechte Deponierung des Ausbruchmaterials, die Wasserabnahme aus Pumpstationen, die Wiedereinbindung der Verkehrswege, die Qualitätskontrollen der Abluft der Tunnel.

Großprojekte – wie der Kanaltunnel – fordern nicht nur die einzelnen Ingenieursparten zu besonderen Leistungen heraus, sondern sie verlangen auch die intensive fachübergreifende Zusammenarbeit von der ersten Planung an bis zur Eröffnungsfahrt und Betriebsübergabe. Da mußten Ingenieure einerseits die finanzierenden Banken überzeugen und andererseits für die diffizilen Dichtungsprobleme an den Tunnelbohrmaschinen verantwortlich sein. Im Mai 1994 wollen die Queen und Mitterand den Tunnel für den Verkehr frei geben.



CORD MECKSEPER, Hannover

## Oben und Unten in der Architektur

Braunschweig, 13. März 1993\*

Ein Hauptkennzeichen abendländischer Architektur ist das vornehme Obergeschoß (*piano nobile*, *bel étage*). Zugleich erweisen zahlreiche Bezeichnungen unser Wertebild als vertikalhierarchisch geschichtet („Ober- und Unterschicht“, „Hochkultur“; christliches Weltbild). Es stellt sich die Frage, zu welchem Zeitpunkt und auf welchen Wegen sich diese vertikalräumliche Wert- und Repräsentationsordnung entwickelt hat.

Die antik römische Kultur war primär durch eine horizontale Werteordnung geprägt, wie sie vor allem in der räumlichen Struktur der vornehmen römischen *domus* mit ihrer Abfolge aus *vestibulum*, *atrium*, *alae*-Zone und *tablinum* und dem darin regelmäßig ablaufenden Ritual der *salutatio* faßbar ist. Erhöhung kannte das römische Raumdenken lediglich im Sinne der körperlichen Erhöhung eines Machttägers durch *podium*, *suggestus* oder *tribunal*, die dazu diente, dem Erhöhten einen größeren Blickraum zu ermöglichen.

Die Voraussetzung hin zur räumlichen Erhöhung war mit dem kaiserlichen *palatium* gegeben, das sich – nach wie vor horizontal strukturiert – auf dem namensgebenden Palatin in Rom wie auf einem Podium über dem Circus Maximus erhob: Das Modell dieser Zuordnung von *palatium* und *circus* wurde von Constantin 324 f. nach Byzanz übertragen. Auf den Circusszenen der Sockelreliefs des dort unter Theodosius d. Gr. um 390/93 im Hippodrom (Circus) aufgestellten Obelisk – wichtige Wendemarken spätantik kaiserlicher Repräsentationskunst – ist der Tiefenraum hellenistischer Tradition zugunsten einer verstärkten Flächigkeit aufgegeben, so daß dort die kaiserliche Loge über den Zuschauerreihen und dem Geschehen in der Arena zu schweben scheint. Mehrzonig weiterentwickelt begegnet uns diese vertikalhierarchische Übereinanderordnung auf den Consulardiptychen. Die kaiserliche Repräsentationskunst war vorbildlich für die christliche Kunst. Schon bald sehen wir mehrzonig hierarchische Bildprogramme als Ausstattung von Kirchenräumen und damit architektonischen Raum in seinen einzelnen Bereichen vertikalhierarchisch bewertet.

Spätantike Kirchenemporen hatten keine hierarchische Funktion, ebenso ist in der Profanarchitektur z. B. des Magnum Palatium in Byzanz vor dem 9. Jahrhundert kein repräsentatives Obergeschoß faßbar. Der entscheidende Schritt hin zu einer vertikalräumlichen Hierarchisierung wurde im Westen unter Karl d. Gr. mit dessen Pfalzkapelle in Aachen getan, dessen den Zentralraum umschließendes architektonisches Gliederungssystem jedoch zunächst als ein architektonisch abstraktes „Bild“ zu lesen ist. Ungesichert ist, ob bereits zu Karls Zeit mit einem Thron auf der Empore zu rechnen ist. Quel-

---

\* Vortrag vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (Zusammenfassung).

len zu einem repräsentativen Aufenthalt Karls auf der Empore bei bestimmten Anlässen fehlen. Ungeklärt ist bisher die genaue Funktion der Emporenanlage im Westwerk von Corvey.

Der große Saalbau der Aachener Pfalz war eingeschossig. Auch für die zeitgenössischen und folgenden profanen Saalbauten ist bis in das 10. Jahrhundert hinein keine Mehrgeschossigkeit sicher nachweisbar. Eindeutig läßt sich ein repräsentatives Obergeschoß dagegen für die architektonisch sehr komplexe Regia Ottos des Großen in dessen Vorzugspfalz Magdeburg rekonstruieren. Sie nahm mit ihrer großen Eingangskonche möglicherweise bewußt Bezug auf den Westbau der Aachener Pfalzkapelle. Anläßlich der Krönung Ottos in Aachen 936 fanden zugleich Arbeiten am Thron auf der Empore statt, könnte dieser sogar möglicherweise neu errichtet worden sein. Nach Widukind von Corvey (II, 1) stieg der König im Anschluß an seine Krönung auf einer Wendeltreppe zu einem Thron hinauf. Erstmals eindeutiger als in karolingischer Zeit sehen wir dann im Evangeliar Ottos III. (Aachener Domschatz) das Schema des spätantik kaiserlichen Repräsentationsbild wiederaufgenommen.

„Oben“ und „Unten“ stellen damit architektonisch eine hierarchische Raumkategorie dar, deren Voraussetzung im römischen Raumdenken begründet ist und die ihre Ausprägung im Sinne des profanen Repräsentationssaals im Obergeschoß auf einem komplizierten Weg über das Bild schließlich nicht in Byzanz, sondern offenbar erst zu ottonischer Zeit im Westen auf dem Boden des fränkischen Reichs erfahren hat.

HERIBERT BOEDER, Osnabrück

## Die philo-sophischen Conceptionen der Mittleren Epoche

Braunschweig, 17. April 1993\*

Vorab sei erinnert: Vernunft wird immer nur von dem geweckt, was an ihm selbst vernünftig ist. In der Sprache der Mittleren Epoche: ein intellectus hat eine ratio zur Vorgabe, der concipierende intellectus das Rationale einer sapientia. Die christliche erscheint in dem Christus, der sie wissen läßt, „lehrt“ als „Sohn“ des göttlichen Wissens; er „ist“, indem er die Wahrheit „tut“; daher: non est aliud filius, aliud doctrina eius, sed ipsa doctrina filius est (Augustinus, de trinitate II c. 2, § 4, 12). Nur als solcher ruft er den ihm entsprechenden intellectus hervor – in einer „Erneuerung der Vernunft“ (Paulus, Römerbrief 12, 2). Sie ist die des „neuen“ Menschen, der sich der „Lehre“ gemäß von sich unterschieden hat. Das Concipieren der Lehre in einer ihr angemessenen philo-sophischen Logik erfordert aber eine Unterscheidung der Vernunft von sich selbst, von ihrer natürlichen wie auch weltlichen Prägung (s. Einführung in die Vernünftigkeit des Neuen Testaments, BWG Jahrbuch 1988).

### I. Plotinos

Was die Mittlere Epoche anlangt, ist eine derart unterschiedene Vernunft erstlich dem plotinischen Gedanken anzuhören. Concipierend auf die johanneische Verkündigung bezogen, des näheren auf die Bestimmung in ihrer ratio, nämlich die ebenso verborgene wie erscheinende Herrlichkeit des göttlichen λόγος.

**A)** Der plotinische Bestimmungs-Terminus: das „Eine“, das „Gute“ – von welcher Einheit, welcher Güte? Schlechthin einfach, ohne Unterschied in sich und von sich, unbezüglich, unpräzifizierbar; ein Nichts von „Seiendem“ und sogar von Etwas.

1) Eines in dem Grunde, der seine vollkommene Güte, die reine Macht ist, gegenwärtig als Schönheit; deshalb einig mit sich aus einer **Liebe** (ἀγάπη), die unbezüglich ist, also ohne Begierde (ἐρως).

2) Die reine Macht geht auf als „Blüte alles Schönen“, ist ihrer selbst inne als immer schon **Waches**, durch sich selbst Erwecktes.

3) Als Schönheit wiederum erweckend: die Güte verstrahlt sich, erweist sich als Gunst und zwar im Überfluß ihrer Macht – geben ohne sich zu vergeben oder auszugeben. Die Macht **behält** und erhält sich im Geben.

---

\* Zusammenfassung eines Vortrags vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

C) Dem also entfalteten Terminus der Bestimmung folgt in der plotinischen ratio derjenige des Denkens. Wie kommt es zustande?

1) Das Hinausgehen der Macht in ihren Überfluß **hält** mit dem Geben **inne**, sofern die Entfernung vom Ursprung Abschwächung bedeutet. Der Stillstand des erstlich Gegebenen ist „Sein“.

2) Die Abständigkeit vom Ursprung wird als Leere empfunden; daher Umkehr in der **Begierde** nach Erfüllung: Liebe zum Guten.

3) Durch Conversion erwacht das Sein zum **Sehen** des sich verströmenden Lichts, seiner Schönheit. Das Sein wird so mit dem Denken identisch.

**B)** Mit dem entsprechenden Selbstverhältnis entspringt dem Denken seine Sache: es ist seiner eigenen Wirklichkeit als Gegebenheit inne. Darin liegt: seine Wirklichkeit ist, weil immer schon aus einem Geben zustandegekommen, auf das von ihm schlechthin verschiedene Gebende bezogen, ihm als dem „Herrn“ unterstellt und also im wörtlichen Sinne Hypostase.

1) Nach ihrer ersten Bestimmtheit ist sie „Geist“; rein aus der Vernunft des **Denkens** gedacht: Eines, weil bei sich selbst, eben darin zugleich Vieles, weil ein All von „Ideen“, die einen *κόσμος* bilden – gemäß der Schönheit des Ersten Einen.

2) Dem Geist ist wiederum die andere Hypostase, nämlich die Seele unterstellt; die Seele von Allem, das nicht nur in Vernunft, sondern auch mit den Sinnen erfaßt sein will – auch dieses Alles ein *κόσμος*, weil Abbild des geistigen; er ist in der Weltseele ein **behaltener**.

3) In der Einzelseele aber hat sie sich aus Herrschbegierde vergessen. Da waltet bloße Vielheit, weil Abkehr von dem Einen überhaupt. Also verfallen bedarf ihr Denken der Conversion und erfährt sie nur kraft der Gegenwart des Schönen: als Erweckung zur **Liebe**. Diese ersehnt das In-Sein im Ersten Einen als das eigentliche Erfüllt-sein vom Guten: seliges Leben im Grunde.

## II. Augustinus

Concipieren der paulinisch gedachten Bestimmung: die Herrlichkeit des Gottes, die sich zum Knecht-sein entleert hat.

**B)** Einsetzen mit dem letzten Terminus der plotinischen ratio – der Sache: das Verhältnis Deus et anima.

1) Es ist **erkennbar** – zunächst als Unterschied in der substantia: reines Sein oder Sein von nichts her, jenes nicht nur wirksam, sondern schöpferisch, dieses auch als geschaffenes noch der Erhaltung bedürftig.

2) Im Verhältnis zur Seele als rationaler: Gott als Vorbild im Abbild **erinnerlich**, wie es nicht nur Seele, sondern ebenso Leib ist, weil Mensch; auch der Stoff in die Güte des Schöpfers einbezogen; also der Leib nicht zu fliehen.

3) Mit der Abkehr vom Vorbild verletzt das Abbild dessen Liebe zu ihm. Abfall nicht

zur Stofflichkeit, sondern zum Gegen-Geist, der sich über den substantiellen Unterschied hinwegsetzt: *superbia*.

Gegen das paradiesische Leben des Menschen: *invidia*. Gegen den Gehalt der Erkenntnis in Unterordnung unter das Gute: Moralität in Unterscheidung des Guten und Bösen, Vergessen des ursprünglichen Verhältnisses im Ungehorsam gegen das Gebot eingeschränkten Genusses. Folge: Sterblichkeit und Arbeit. Wende des Vergessens nur erst *admonitio* des Gesetzes: Verhältnis der Knechtschaft, wenn auch in **Anhänglichkeit**.

A) Das also in seiner Güte gebrochene Verhältnis von *Deus et anima* muß unter die Bestimmung einer Vermittlung kommen; und zwar rein aus der Liebe Gottes, der in *laude sua gaudere nos voluit*. Nam inde est et quod dicitur *deus* (*de doctrina Christiana* I c. 6,12).

1) Diese **Liebe** urteilt, hat deshalb ihren Grund an der unwandelbaren Wahrheit des Gegensatzes von *probatum* und *improbatum*, ist daher in ihrer Güte eine gerechte Liebe.

2) Als *notitia amata* verlangt sie die Unterscheidung der *personae* innerhalb der einen *substantia*: das Wissen des Grundes und sein Wort sowie die Liebe beider. Deren Sein ist ein Sich-geben und zwar einander. Ebenso Geben als *missio* zuerst des Wortes in die Knechtschaft; es wird „Subjekt“: unterwirft sich ihm selbst, um den Menschen gleich zu werden – bis in ihre Sterblichkeit. In der *gratia* dieses *veritatem facere* wird ihnen Gott **erkennbar** – nur durch seine *humilitas*; da ist er *imago* des Vaters“ als solcher Mittler für die Realisierung der *imago dei*.

3) Seine Herrlichkeit ist eine aus der Gabe des Geistes **erinnerte**, bezeugt durch die Auferweckung zu ihr. Erinnert in jede Gegenwart durch die *sacramenta humilitatis* *verbi*. Mit ihnen übernimmt die *ecclesia* als *corpus* des Herrn das *monere*.

C) Das Denken tritt unter diese seine Bestimmung

1) durch eine **memoria**, welche – selber *humilis* – den Charakter einer *confessio* annimmt, ebenso als Bekenntnis der *neglegentia* und ihrer Folgen wie als Lob des *liberator*;

2) durch die **dilectio** seiner Schönheit – mit Unterscheidung des einzigen *frui* vom vielfältigen *uti*;

3) durch den **intellectus** *fidei* – eines Geglaubten, das als Gedachtes den Grund der Zustimmung zu ihm als einsichtigem verlangt; im tätigen *amor sapientiae* erfüllt sich der eigentliche *cultus dei*.

### III. Thomas Aquinas

Die plotinische Philosophie entfaltet eine einfache Einsicht, die augustinische die Spanne der Erkenntnis, die thomasische eine sich schließende Wissenschaft.

C) Das wissenschaftliche Denken – erster Terminus – zeigt hier die Eigentümlichkeit, sich als *disciplina* auf eine bereits vollkommene *scientia*, nämlich die göttliche, zu beziehen und zwar über die Mitte ihrer *doctrina*.



1) Der hier unmittelbar auftretende Terminus des Denkens hat bereits die Gestalt eines Gedachten, mehr noch: eines Gewußten, mehr noch: eines geoffenbarten Wissens. Es nimmt die Form derjenigen Wissenschaft an, welche die *articuli fidei* zu ihren Prinzipien hat. Als *sacram doctrinam tradere* ist diese Wissenschaft zunächst von der Wirklichkeit des **Gedächtnisses**.

2) Dieses Gedächtnis bezieht sich aber auf das stets künftige *salus humanum*. Auf dieses Ziel, näher: die *beatitudo* hin ist die theologische Wissenschaft die Erste, getragen von dem *amor* der *sapientia*, die sich im *ordinare et iudicare* erfüllt. Hier waltet die unterscheidende **Liebe**: sie ordnet alles, insbesondere die *humani actus* auf das erste und letzte Gute hin, hat an ihm Anlaß und Grund des Urteils.

3) Seine eigentümliche Wissenschaftlichkeit bekundet das betreffende Denken durch die Argumentation – nicht auf die Billigung der Prinzipien hin, sondern begründend von ihnen her und dies *contra negantem principia* – eben jener Offenbarung, welche mit der Heiligen Schrift gegeben ist. Daraufhin bestimmt sich das Denken letztlich als ein wissenschaftliches **Verstehen**, das seine Grundlage wo nicht in der Wahrnehmung, so doch im *sensus historicus* des Gesagten hat. Eines Gesagten, dessen Bestimmung vor allem den synoptischen Evangelien zu entnehmen ist: die Herrlichkeit des Verkünders des Gottesreiches und seines Gerichts.

**B)** Die Sache des also entfalteten Denkens ist Gott, wie er als einer, als dreifaltiger, als Schöpfer die Beziehung der *rationalis creatura* zu ihm stiftet.

1) Zuerst geht es um den **Begriff** der in ihr Bezogenen, insbesondere des göttlichen Wirkens;

2) sodann um die Erläuterung der Beziehung: in welcher Weise ist die *rationalis creatura* ihrer Ursache **eingedenk**? In dem Urteil, das sich an ihrer Handlungsweise bekundet (*virtutes* oder ihr Gegenteil);

3) schließlich um die eigentliche Wirklichkeit dieser Beziehung im Sinne der **Liebe** zum Schöpfer: den Willen des eigenen Tuns in seine führende Hand geben. (*mancipatio*).

**A)** Die also realisierte *imago*-Beziehung kommt aber erst von seiten der Bestimmung selbst zum Tragen, wie sie der Weg aller göttlichen Führung ist:

1) Nicht die innertrinitarische **Liebe** macht hier den Anfang, sondern diejenige des Gottes, dessen *natura* die menschliche in die seine aufgenommen, ihr also einen Grund gewährt hat. Entscheidend für diesen Vorgang ist nicht mehr das schöpferische Verursachen, sondern die *salvatio* mit Begründung des gerechten Anspruchs auf eine *iudiciaria potestas* über die Handlungen der Menschen und im Ganzen über ihre Welt.

2) Seine Gegenwart hat der *salvator* in den *sacramenta* seiner Kirche. Sie beanspruchen eine Unterscheidung, welche bereits der Wissenschaft als solcher wesentlich war: dort von Erscheinung und Wesen, hier der Zeichen und ihrer Bestimmung: Die *sacramenta* beanspruchen eine **intelligentia** ihres Stifters und seiner Weisung.

3) Der Bestimmungs-Terminus erreicht seine Vollendung mit dem Urteil des letzten Gerichts in Erinnerung alles Getanen als der Bedingung für den Zugang zur Seligkeit und einer Unterscheidung der Welt, um sie als die neue zu gründen. Im Welt-Gericht

wird – ganz im Sinne der synoptischen Verkündigung – die Herrlichkeit Gottes allen gegenwärtig; und dies bis in die Unterscheidung der menschlichen corpora in gloriosa oder ignobilia.

Mit diesem Resultat erreicht das Concipieren der neutestamentlichen Verkündigung den Ausblick auf die Tilgung der Jenseitigkeit des Herrn und der Seinen. Ut sint omnes in uno als in ihrem Grund. Genau auf dessen Gegenwart ist das Concipieren gesammelt, nicht auf dessen „Existenz“. Das esse existentiae muß erst die nachthomasische natürliche Vernunft beschäftigen.

Bedarf es noch eines Beweises dafür, daß die conceptuale Vernunft der Mittleren Epoche ihre Aufgabe erfüllt hat und diese Erfüllung wiederum hat verschließen lassen? Das Denken der Letzten Epoche unserer Geschichte beginnt nicht als Philosophie, sondern als Kunst (Alberti, Leonardo, Michelangelo) und als Religion (Pico della Mirandola, Erasmus, Luther); beide als Vernunft-Gestalten des Wissens; und erst nachdem sich die Philosophie als Wissen der Natur angekündigt hat (Bruno, Bacon, Galilei), beginnt mit Descartes und Hobbes der epochal lange Abend der Philosophie selbst. Da bleibt ihr Mittag bis auf Nietzsches Erwachen vergessen.



BERND SCHNEIDMÜLLER, Oldenburg

## **Der Fremde und das Eigene im Mittelalter: Kaiser Heinrich V. in französischer Sicht**

Braunschweig, 19. 6. 1993\*

Das Zeitalter von Kirchenreform und Investiturstreit bildet eine tiefe Zäsur in der mittelalterlichen Geschichte Europas. Nun war jeder Christ im Kampf von Kirche und weltlicher Gewalt zur Parteinahme aufgefordert und mußte zwischen richtig und falsch, rechter und unrechter Herrschaft unterscheiden. Klerikalen Kritikern galt der letzte Salier, Kaiser Heinrich V. (1105/6–1125), als rücksichtsloser Verfechter monarchischer Herrschaft über die Kirche und somit als Simonist und Gegner der Nachfolger Petri.

Eine solche Beurteilung findet sich vor allem in der westeuropäischen Geschichtsschreibung, die zwar die Brisanz des Verhältnisses von kirchlicher Freiheit und monarchischer Herrschaft in den eigenen Königreichen seltener erahnen ließ, dafür aber um so intensiver Partei für den antisalischen Kampf der Reformpäpste ergriff und Heinrich V. zum heimtückischen Verräter, zum Tyrannen und zum zweiten Judas stilisierte. In der Verengung des historiographischen Berichtshorizontes hatte man in Frankreich seit der Mitte des 11. Jahrhunderts die Nachbarn im Osten kaum noch wahrgenommen, nachdem zuvor das Interesse am ostfränkisch-deutschen Reich und seiner Herkunft aus dem karolingischen Frankenreich noch groß war. Die Begegnung ritterlicher Heere auf den Kreuzzügen und die europaweite Dimension der Auseinandersetzung zwischen salischem Kaisertum und Reformpapsttum zwangen freilich zur Wahrnehmung und schließlich zur Wertung. Nicht die spezifischen Bedingungen und Notwendigkeiten königlicher Herrschaft über die Hochkirchen des Reiches in Deutschland wurden in der Historiographie erörtert, sondern die politischen Sensationen als Belege für kaiserliche Hinterhältigkeit gewertet, für Heinrichs Verfolgung des leiblichen (= Heinrich IV.) und geistlichen (= Papst Paschalis II.) Vaters, für die Heimtücke des listenreichen „deutschen Tyrannen“ und für das blutrünstige Wüten sächsischer Truppen gegen Papst und Kardinalskolleg.

Wenigstens in Heinrichs Kinderlosigkeit fand man Trost: Göttliche Gerechtigkeit strafe hier in der Geschichte.

Nicht nur in seiner Brisanz als xenophobische Äußerung, sondern auch in seiner Funktionalität für den Aufbau französischer Identität soll dieses Negativbild beurteilt werden. Das politische Bewußtsein in geistlichen Zentren Nordfrankreichs war durch historische Bezüge zum Papstschutz karolingischer Herrscher im 8. Jahrhundert aufgeladen. Am deutlichsten wurde dabei Abt Suger von St. Denis, der in seiner Vita Ludovici Grossi, der Lebensbeschreibung König Ludwigs VI. von Frankreich, eindrucksvolle Ge-

---

\* Vortrag vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (Zusammenfassung).

genbilder schuf: Bilder von beständiger französischer Demut und Ehrfurcht vor dem heiligen Petrus und seinen irdischen Vertretern oder von französischer Einigkeit angesichts äußerer Bedrohung einerseits, von deutscher Aggression und Kulturlosigkeit, vom „furor teutonicus“ oder von salischer Tyrannei andererseits.

Im nachbarschaftlichen Miteinander des 12. Jahrhunderts hatten sich tiefe Gräben aufgetan; die Wahrnehmung des Fremden führte zur Erkenntnis eigener Identität, und daraus erwuchs das spezifische Nationalbewußtsein des europäischen Mittelalters.

[Eine ausführliche Fassung mit den Belegen erscheint in: *Auslandsbeziehungen der salischen Kaiser*, hg. v. Franz Staab, Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Speyer 1994]

EDGAR R. ROSEN, Braunschweig

**„In memoriam“ – Zeitgenossen über Fontane**

Braunschweig, 9. Oktober 1993\*

Ein Blick in die zahlreichen Theodor Fontane gewidmeten Monographien belehrt uns, wie wenig wir von den anlässlich des plötzlichen Todes des Dichters im September 1898 veröffentlichten Äußerungen seiner Zeitgenossen wissen. Angesichts der heutigen Flut von interpretierenden Beiträgen zu Werk und Person Fontanes erscheint eine Erinnerung an diese damals in der Stunde des Abschieds und der Trauer niedergeschriebenen Worte mehr als gerechtfertigt, gerade weil nur ganz wenige Zitate aus den Stellungnahmen jener Tage vorliegen. So begnügte sich das zweibändige Werk Hans-Heinrich Reuters mit kurzen, nur auf das Politische bezogenen Sätzen [1] aus einem redaktionellen Nachruf in Berlins führender Vossischer Zeitung, der Fontane bekanntlich fast 20 Jahre lang, von 1870 bis 1889, als Theaterreferent vom Eckplatz 23 des Königlichen Schauspielhauses am Gendarmenmarkt aus aufs Glänzendste gedient hatte. An einer zu jenem Zeitpunkt relativ entlegenen Stelle wurde 1969 ein Auszug aus einem weiteren, anlässlich des Todes von Fontane ebenfalls der Vossischen Zeitung entnommenen Gedenkartikel bekannt [2]. Ein weiterer Nachrufauszug erschien 1984 in der gleichen Publikation. [3] Von einer wenige Wochen später in Berlin gehaltenen Gedenkrede hat Reuter nur die Tendenz kritisch kommentiert. Von irgendwelchen Zitaten hatte er Abstand genommen. Eine zwar thematisch begrenzte, aber rühmliche Ausnahme ist Luise Berg-Ehlers in „Fontane und die Literaturkritik“, Bochum 1991 (S. 149–150 und 299–301).

Man müßte von ihm „fast wie von einem Jungen“ reden, hieß es eingangs in dem bereits erwähnten redaktionellen Nachruf, „wenn man sich unbefangen, ohne über die Zahl seiner Jahre nachzudenken, den Eindruck seiner Persönlichkeit, seines Lebenswerkes“ überlege. Wer ihn erst in seinem reiferen Alter kennenlernte, konnte sich kaum denken, daß er in seiner Jugend „jünger“ gewesen sei. Wer ihn im Lenz seines Lebens kannte, versicherte, daß Regsamkeit und Frische bei niemandem so wenig von ihrem Wesen eingebüßt hätten, wie bei ihm. So habe er „das unmittelbare Verständnis, das freudigste Mitfühlen für das heiße Aufwallen der Jugend, für Sturm und Drang gezeigt, ja sogar für einseitige Verbohrtheit, sobald nur ein ehrlicher Wille und Talent vorhanden waren“. Ein Redner sei er nicht gewesen, konnte aber im Gespräch beredt werden.

Auch im Schreiben sei dies der Fall gewesen. Gerade mancher Jüngere sei im Besitz eines Fontaneschen Briefes, „der im Feuer geschrieben, dem Empfänger Freudigkeit und das Gefühl des Verstandenwerdens bereiten sollte“. So stünden die Jüngeren an seiner Bahre, wie an der eines Vaters, „der bis zuletzt mit starkem Beispiel voranging, der von seiner Höhe herab die große Anschauung mit intimstem Erfassen des Einzelnen und

---

\* Vortrag vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Kleinsten vereinte, das Leben gestaltete und dennoch Zeit fand, den anderen, die es auf *ihre* Weise meinten, mit Zuspruch und Bewunderung nahe zu sein“.

Überaus eingehend wurde danach eine Biographie Fontanes aufgezeichnet. Das Werden des Dichters sei lehrreich, er habe darum kämpfen müssen, zu den Lebensbedingungen zu gelangen, die seiner eigenen Art am meisten zusagten. Er habe tapfer um seine bürgerliche Existenz gestritten, wobei ihm sein bescheidener Sinn behilflich war. Auch in guten Tagen habe er für sich nur mäßige Ansprüche an die Lebenshaltung gestellt. Viel wichtiger aber war, daß er in seinen jungen Jahren jegliche Arbeit ganz getan habe, gleichviel, ob sie ihm lag oder nicht. Sein Leben lang sei er gerade darauf stolz gewesen.

Noch 1889 hätten seine Verehrer ein einzigartiges Schauspiel erlebt. Als er sich In jenen Jahren von der journalistischen Tagesarbeit zurückzog, anscheinend um auszuruhen, habe er im Gegenteil zu kräftiger Arbeit im Bereich der Erzählungen ausgeholt. Man brauche nur an das Berliner Idyll „Irrungen, Wirrungen“ zu erinnern, ebenso auch – eine einzigartige Charakterisierung durch den Nachrufverfasser – an den „Gelehrtenroman“ „Frau Jenny Treibel“ und an das Kabinetstück „Effi Briest“. In dem jüngst erschienenen zweiten Bande seiner Lebenserinnerungen „Von Zwanzig bis Dreißig“ habe er einen wichtigen Beitrag zur Kultur- und Literaturgeschichte Berlins geliefert. Nun aber, so hatte er verkündet, wolle er sich bescheiden und dieses Erinnerungsbuch nicht weiterführen. Seine Freunde hätten jedoch Einspruch erhoben. Nun seien diese Einwände aber am Walten des Todes zunichte geworden.

Die Schilderung vor allem der literarischen Wirkung Fontanes wurde anschließend ergänzt durch eine minutiöse und bewegende Beschreibung des letzten Lebensstages. Doch damit war der beeindruckende Nekrolog noch nicht beendet. Ihm folgte ein der Vossischen Zeitung zugegangener Brief von Justizrat H. J. Horwitz, dem Hausgenossen Fontanes im alten Johanniterhause, Potsdamer Straße 134c. Der prominente Jurist berichtete, wie der Dichter vor nicht langer Zeit, als der Engel des Todes die Schwelle des Horwitzschen Heimes überschritten hatte, um ihn seiner Lebensgefährtin zu berauben, Fontane, der treue Nachbar, ihm als erster sein herzliches Beileid entgegenbrachte. Im Gedenken an jenen Tag habe er in der Frühe des nächsten Morgens mit einem Sträußchen aus Lorbeer und Veilchen die Fontanesche Wohnung betreten und den Blumengruß neben dem Entschlafenen niedergelegt. Unwillkürlich seien ihm dabei die Worte des griechischen Geschichtsschreibers in den Sinn gekommen: „O, du gute und getreue Seele, wie so schnell hast du uns verlassen“. Er als Nachbar schreibe nicht aus einer Regung literarischer Art. Veranlassung sei eine auf rein menschlichem Grunde beruhende Stimmung. Seine Beziehungen zu Fontane, so alt sie waren, hätten etwas unheimlich Diskretes gehabt. „Was sie beide, obwohl Hausgenossen und Nachbarn“ (in dem blitzblanken Treppenhause mit seiner vornehmen dunklen Politur und den das Ganze schmückenden Oleanderbäumen [Paul Schlenther]), „miteinander zu verhandeln pflegten, war nach Form und Inhalt wunderbarlich genug“. Das Leben habe beide genötigt, Zeit zu sparen, und nur schwer habe man sich entschließen können, einander persönlich aufzusuchen. Doch die Versuchung, miteinander in Verbindung zu bleiben, wenn sich das

Bedürfnis nach Mitteilung ergab, führte zu einem Briefwechsel, der seiner Meinung nach das Wesentlichste zu beiderseitiger Befriedigung zusammenfaßte. Es seien ihm die zahlreichen Briefe und Zettel, die er auf diese Weise erhielt, ein teures Vermächtnis und lebendiges Zeugnis für Fontanes reinen, tiefmenschlichen Sinn. Dieses Leben, das nun ohne Siechtum und stückweises Sterben ausgeklungen sei wie ein stimmungsvolles Gedicht, war von einem anderen Segen erfüllt, den der Weise der Heiligen Schrift mit tiefem Grunde als eines der höchsten preise: von der Freude an der Arbeit. „Sein Feierabend begann, als der letzte Tag sich zu Ende neigte.“ Die Mitlebenden und die nach ihnen kommen, sollten die Grundeigenschaften seines Wesens und Wirkens niemals vergessen und würdigen: Wahrhaftigkeit und Treue.

Doch selbst mit dieser Würdigung ließ es die Redaktion der Vossischen Zeitung nicht bewenden. Unter dem Titel „Theodor Fontane – Persönliche Erinnerungen“ brachte die Morgenausgabe vom 22. September einen bemerkenswerten, mit L.P. gezeichneten Beitrag. Verfasser war Ludwig Pietsch, seit vielen Jahren eine der bekanntesten Erscheinungen der literarischen, künstlerischen und geselligen Kreise Berlins, der höchstes Ansehen genoß. Man darf ihn als einen der profiliertesten Publizisten der Berliner Zeitungswelt bezeichnen [4]. Trotz erheblicher eigener Bedenken hatte der Danziger Beamtensohn in jungen Jahren die Malerei als Berufsziel aufgegeben und den Weg zum Journalismus als Berichterstatter über Kunst, Wissenschaft und Gesellschaft beschritten, der ihn im Auftrag der Vossischen Zeitung durch vieler Herren Länder führte [5]. Sachkenntnis und Einfühlungsvermögen, verbunden mit ungewöhnlichem stilistischen Können entsprachen aufs Genaueste den Bedürfnissen und Anforderungen jener Tage. Fontane bewunderte oftmals, das, wie er es nannte, „Genialische“ im Schreiben dieses unter anderem rastlosen Förderers von Menzel und Turgenjew, wenn er ihm auch hier und da die Neigung zu übermäßiger Breite der Darstellung ankreidete. Doch darf man diese Kritik auch als Ausfluß der für ihn charakteristischen, praktisch auf alle Personen seiner näheren und weiteren Umgebung gerichteten Ambivalenz des Urteils bewerten. Dies trat vor allem in seinen ablehnenden brieflichen Äußerungen über die Lebensgewohnheiten des Libertin und Bonvivant Pietsch in den Vordergrund. Sicherlich war manches an den Fontaneschen Einwänden berechtigt: „Im Pietschschen Hause trafen sich die bedeutendsten Persönlichkeiten ... hohe Offiziere und Diplomaten, Künstler ... und Schriftsteller, Musiker und Industrielle, Gelehrte und nicht zuletzt schöne und elegante Frauen, zu denen der Hausherr sich stark hingezogen fühlte [6]. Hier muß wohl auch Fontanes Urteil über den mangelnden Charakter seines stets von ihm in seinen Briefen als „Theuerster Pietsch“ angeredeten Freundes seinen Platz finden. Dennoch können in diesem Zusammenhang die Worte des jüngsten Fontane-Sohnes, des Verlegers Friedrich Fontane, nicht außer Acht gelassen werden, mit denen er die Atmosphäre der elterlichen Mansardenwohnung in der Potsdamer Straße 134c als hausbacken, wenn nicht manchmal spießig beschrieb [7].

Von den erwähnten Fontaneschen Einwänden und auch von dem Fragment gebliebenen Plan Fontanes, eine L.P.-Novelle zu schreiben, hatte Pietsch ganz gewiß keinerlei Kenntnis. Seine große Verehrung für den Verstorbenen bestimmte schon den ersten Satz der „Persönlichen Erinnerungen“, wo von „unserem Fontane“ die Rede war.



Er habe, so schrieb Pietsch, Fontane relativ spät auf seinem eigenen Lebenswege persönlich kennengelernt, doch schon vorher sei er ihm „durch seine äußere Erscheinung, seinen echten Poetenkopf, seine Art, ihn zu tragen und seinen Gang lieb und wert geworden“. Nie habe sich in der Haltung des Hauptes und in den Bewegungen der wahre Kern, die unterscheidende eigene Art eines Mannes reiner und entschiedener ausgedrückt als in Fontanes Haltung. „Die Freudigkeit, die stete Bedürfnislosigkeit und Unabhängigkeit, die Freiheit seiner Seele, das alles trat darin deutlich zutage. Wenn er mit seinen großen Schritten auf der Straße ging, dann sah man es ihm an, daß auch im wesentlichen hinter ihm lag, was uns alle bündigt: das „Gemeine“. Er kannte nicht den Neid auf echtes fremdes Verdienst, nicht die kleine Eitelkeit, die Begierde des Erfolges. Sein freier, kühner Humor, mit dem er das Leben und das menschliche Treiben betrachtete, hatte nichts Bis-siges, Galliges, Bitteres, Boshaft-Sarkastisches. Es entsprang einem heiteren, sonnigen, gelassenen Gemüt und einem überlegenen Geist, die ihn sich nicht über die vergänglichen Dinge ärgern, sich selbst nicht gar zu tragisch nehmen ließen.“ So habe er die Bekanntschaft mit diesem Mann als eine der besten Errungenschaften seines Lebens und das freundschaftliche Wohlwollen als eines der köstlichsten Güter kennen und schätzen gelernt.

Zu persönlichem Kontakt kam es dann etwa in den ersten 70er Jahren, offensichtlich durch Fontanes Sohn George, den Offizier, und besonders seit der Zeit, als dieser früh Verstorbene einige Jahre als Lehrer an der Kadettenanstalt In Lichterfelde tätig war und häufig in dem gastlichen Hause Pietsch verkehrte. Auf wiederholte Bitten von dort sei auch Fontane von Zeit zu Zeit in der damals noch am Rande des bewohnten Stadtgebiets gelegenen Landgrafenstraße erschienen, wo Pietsch im Hause Nr. 8 eine hochgelegene Wohnung innehatte. Von dort sah man noch „von keinen Straßen und Häusern gehindert“ bis nach Wilmersdorf und in die Landschaft des Grunewalds hinein. Der gleiche Balkon habe literarisch eine Rolle gespielt, und zwar in Fontanes Roman „Irrungen, Wirrungen“. Der Dichter selber habe ihn in hohem Maße geschätzt und ihm einmal gestanden, den Balkon der Wohnung des jungen Barons Rienäcker in der gleichen Landgrafenstraße dem der Familie Pietsch nachgeschildert zu haben. (Durch diese Erinnerungen kommt man einem literarischen Versteckspiel Fontanes auf die Spur. Hatte er doch nach Erscheinen des Romans die Dinge so dargestellt, als sei seine Beschreibung ein reines Produkt der Phantasie, denn er wisse nicht, ob die von ihm beschriebene Aussicht tatsächlich bestünde).

„Doch eine Beziehung dieser Art war nicht von Dauer. Mit zunehmendem Alter zog Fontane sich auf den eigenen Bereich zurück, obwohl er dort in der Potsdamer Straße gelegentliche Besuche am frühen Morgen oder am Vormittag zu schätzen schien.“ Für Pietsch waren solche Zusammenkünfte im gemeinsamen Denken „ein berauschendes Erlebnis, wo der Dichter jedoch von den eigenen Werken fast niemals sprach. Ein lobendes Wort nahm er wohl freundlich lächelnd hin, ebenso eine etwaige Kritik, aber darüber hinaus ließ er weitere Erörterungen nicht zu.“ Nicht anders verlief Pietschs Zusammen-sein mit dem Ehepaar Fontane am Vormittag des 20. Juli 1898, bevor der Besucher zu einer Reise nach Ostpreußen aufbrach. Gewiß, die Gesichtszüge des 79jährigen erschienen zum ersten Male etwas gealtert. Ein gewisses Gefühl der Vereinsamung, besonders

nach dem Verlust seiner Freunde Zöllner und August von Heyden, so meinte Pietsch am Ende seiner Erinnerungen, habe Fontane, trotz der Liebe und Freundschaft seitens der Jugend und seiner Altersgenossen, geprägt, „obwohl er dem natürlichen Ablauf des Daseins mit heiterer philosophischer Ruhe entgegensah“. Doch im Laufe der Unterhaltung erschien auch das edle Antlitz wieder so frisch und geistig belebt, daß jene „mir anfangs aufgefallene Welkheit der Züge“ völlig verschwand. „Ich nahm es nicht für ernst gemeint, als er von den kurz zuvor erschienenen Bänden der Fontaneschen Erinnerungen „Von Zwanzig bis Dreißig“ zu sprechen begann: „Ich werde keinen dritten Band schreiben“. Am 21. September, dem gleichen Tage des ersten anonym-redaktionellen Nachrufes der Vossischen Zeitung, widmete die Abendausgabe des Mosseschen, bereits auf den Rang eines Weltblattes zusteuernden Berliner Tageblatt das Feuilleton einer Betrachtung über Theodor Fontane. Hinter den am Ende des Beitrags erscheinenden Buchstaben F. M. verbarg sich der Philosoph und Schriftsteller Fritz Mauthner, langjähriger Mitarbeiter der liberalen Tageszeitung [8]. In dem mit schlichtem Titel versehenen Nachruf „Theodor Fontane, 30. Dezember 1819 bis 20. September 1898“ bemühte sich Mauthner, seinen Lesern zu versichern, daß er nicht imstande sei, einen, wie über einen ihm Fernstehenden, üblichen Nachruf im distanzierten Stil, zu schreiben. Dafür habe er Fontane zu sehr geliebt, oder besser gesagt, sei er in ihn verliebt gewesen. Man möge ihm das Geständnis glauben, daß ihm eine wohl abgewogene literarische Würdigung in diesem Augenblick nicht möglich sei.

Noch lägen ungeordnet die Briefe aus den letzten Monaten vor ihm, in denen Fontane sich mit seinem behaglichen Freimut über politische und literarische Dinge äußerte. Im übrigen sei es keine Eitelkeit, sich als Empfänger und Besitzer solch liebenswerter Fontane-Briefe zu rühmen. Dies kalligraphische Briefschreiben auf jeden Gruß, auf jegliche Freundlichkeit hin war eine Besonderheit Fontanes, ebenso wie seine kreuz- und quergehenden Nachschriften, die seine Briefe oft schwer leserlich machten. Doch von dieser Pflicht, wie er es nannte, konnten ihn weder Arbeit noch Alter und selbst Krankheit nicht abhalten. Im Grunde betrachtete er solch Briefschreiben als Schlauheit, aber in Wahrheit war es die Güte seines Herzens. Eines Tages würde die Hinterlassenschaft ein wertvolles Denkmal sein, ein Satz, der Mauthner als sehr frühen Propheten ausweist. Fontanes letzter Brief an ihn aus Karlsbad trage das Datum des 2. September. Dort war zu lesen: „Und dabei vermeiden Sie jedes „Aber“, was (dies „Aber“) – wie ich freilich erst in meinen ganz alten Tagen gelernt habe – eine nicht gut zu heißende Schreibform ist. Aut, Aut. Erst, wenn man als „kleiner Historiker“ auftritt, darf man sich ein Balancieren gönnen“.

Doch wer wollte in dieser Stunde als „kleiner Historiker“ auftreten. Theodor Fontane habe in den letzten zehn Jahren, den Jahren seines Ruhms, sich genug darüber geärgert, wenn er von wohlwollenden Pedanten abgestempelt und registriert wurde. In einem seiner feinsten epigrammatischen Gedichte heiße es „ich habe keinen Sinn für Feierlichkeit“, „und keine Feierlichkeit liebte er weniger als die literarische“. Er war mit seinen poetischen Balladen in die preußischen Schulbücher eingedrungen und als angesehener Theaterkritiker eine bekannte Tagespersönlichkeit geworden, als er wegen seiner naturalistischen „Irrungen, Wirrungen“ plötzlich, mit fast 70 Jahren, von der jüngeren Dichtergeneration und deren Sprechern auf den Schild gehoben wurde. Er ließ es sich gefallen,

aber er schmunzelte dazu überlegen lächelnd. Auf einem Spaziergang im Berliner Tiergarten habe er einmal davon gesprochen, daß diese Einreihung unter die jüngste Schule ihm sehr angenehm sei, trotz alledem. Auf Mauthners überraschten Blick antwortete er mit seinem feinen leisen Spott: „Sie haben mich unterschätzt“. Eine Sekunde später fügte er mit seiner unvergleichlichen Offenheit stolz-bescheiden hinzu: „Oder vielmehr überschätzt.“ „Auf seinen Spaziergängen wandten sich ihm alle Blicke zu, auch von Leuten, die ihn nicht kannten. Der altmodische breite Schal, den er fast zu jeder Tageszeit um den Hals gelegt hatte, und zierlich mit der linken Hand auf der Brust festhielt, machte ihn kenntlich. Sonst aber, ganz wie ein alter General, „Räuberzivil“, wie er zu sagen pflegte. Im Freien, wenn er stehenblieb oder etwa den Fuß auf einen niedrigen Staketenzaun setzte, dabei mit seinen wunderbaren blitzenden Augen irgendwo im Himmel seine Worte zu suchen schien, habe er ihn, Mauthner, immer an die Blücher-Statue neben dem Opernhause gemahnt.“ Auch in seiner kleinen altväterischen Wohnung ging diese Erinnerung an Blücher, den „Marschall Vorwärts“, nicht verloren. Wer dachte da daran, wenn Fontane über Gott und die Welt plauderte und darüber die Ansichten des Besuchers herausholte, daß der Dichter einen ausgedienten Sommerüberzieher als Hausrock benützte und so noch schlanker aussah, als er war und fast an die niedrige Decke zu stoßen schien. Es lebte bewußt und unbewußt etwas vom Marschall Vorwärts in diesem Poeten; preußisch war er durch und durch, auf die Theoretiker schlecht zu sprechen, trotzdem er selbst ein Schreiber war. „Den gegenwärtigen Augenblick scharf zu erfassen, unbekümmert um alle abstrakten Theorien, im Leben wie in der Kunst das Wirkliche und nur das Wirkliche zu schauen und es dichterisch zu erobern. Das war seine Stärke, ein Gemisch von Klugheit und Tapferkeit. Darum konnte die moderne Schule ihn für sich in Anspruch nehmen. Weil er aber mit seiner resignierten Güte die ganze Menschenseele durchschaute, weil er sich durch kein Schlagwort beirren ließ, darum blieb er über den Parteien stehen. Kein ... Ist und kein ... Aber, sondern immer ganz er selber.“

Trotz seines wachsenden Ansehens sei Fontanes Leben sehr einfach verlaufen. Als Journalist und Kriegskorrespondent habe er England, Böhmen, Frankreich kennengelernt, aber wenn man ihn sprechen hörte, hätte man geglaubt, er sei nie über Berlin hinausgekommen. So sehr fühlte er sich als Alt-Berliner. „Die große Entwicklung Berlins zur Weltstadt machte er geistig mit wie nur Einer; persönlich blieb er der schlichten Lebensweise des alten Berlin treu, in allem.“ In seinem Leben habe es nur einen Tag gegeben, an dem er als Mittelpunkt in der großen Öffentlichkeit stand, und, halb erfreut, halb geängstigt Aller Augen auf sich gerichtet sah: die Feier seines 70. Geburtstages am 30. Dezember 1889, ein Fest, das jedem aufmerksamen Teilnehmer unvergeßlich geblieben sei. Mit eindringlichen Worten schilderte Mauthner den Rausch der Begeisterung, den die praktisch mit dem Naturalismus sympathisierende Ansprache des Kultusministers von Gossler bei den im Englischen Hause in der Mohrenstraße Versammelten ausgelöst hatte. Die Stimmung jenes Abends, die bei der Todesnachricht in der Erinnerung aufsteige, habe aber nicht im Literarischen gelegen. Die Bewunderung für Fontanes Erzählkunst, sein einmaliges Plaudertalent sei nicht die Hauptsache gewesen und sei es auch jetzt nicht. Im Gegensatz zu den nicht immer ehrlichen, weil stillen Vorbehalten, wie so oft bei solchen Anlässen, war es ehrliche Liebe, die das Fontane-Fest vor neun

Jahren so schön machte, und es sei ehrliche Liebe, die sich vor dem noch offenen Sarge aussprechen und mitteilen wolle.

Ein krasserer Gegensatz war kaum denkbar als der zwischen den Worten Mauthners und dem im Dortmunder Zeitungsforschungsinstitut archivierten kurzen Nachruf der erzkonservativen Neuen Preußischen (Kreuz)Zeitung in der Abendausgabe vom 21. September. Obwohl Fontane dort von 1860 bis 1870 als Redakteur für die Abteilung England tätig gewesen war, konnte der dargebotene Text nicht dürrer sein. Der kaum mehr als dreißig Zeilen umfassende Abriß fand lobende Worte nur für den Erinnerungsband „Kriegsgefangen“, dessen meisterhaft-anschauliche Erzählweise gepriesen wurde. Am Schluß vermochte der anonyme Verfasser sich zu nicht mehr als dem im Grunde ambivalenten Satz aufzuschwingen: „Seit dem Ende der 70er Jahre hat er fast nur noch Romane geschrieben, die einen großen Leserkreis gefunden haben (Gesammelte Romane und Novellen, 12 Bände, 1890/91)“. Welch ein Unterschied wiederum zwischen der ebenso gedrängten Skizze der Frankfurter Zeitung [9] und der der Kreuzzeitung. Am Main eröffnete die Redaktion – auch hier blieb der Verfasser anonym – die Trauermitteilung mit der Charakterisierung Fontanes als des großen Sängers und Schilderers der Mark, des Meisters in der Kunst jener Erzählung, die darstellen will, wie die Menschen handeln, denken und sprechen. Schmerzlos sei er aus dem Leben geschieden, in dem ihm Schaffensfreude bis zur Neige zuteil geworden sei. Die biographischen Angaben waren nicht ausführlicher als die in dem Sprachrohr der preußischen Reaktionäre. Fontane sei, so die Frankfurter Sicht, zum eigentlichen Schöpfer des „Berliner Romans“ erwachsen, der getreuen und darum realistischen Schilderung des gesellschaftlichen Lebens aller Bevölkerungskreise der modernen Großstadt. „L'Adultera“ sei der erste tastende Schritt auf dieser Bahn, wo der Dichter dann mit „Effi Briest“ die Höhe erreichte, auf der er noch lange seinen Platz behaupten würde. Seine jüngst veröffentlichten Erinnerungen an das Berlin der 40er und 50er Jahre hätten voll Leben und Frische bekundet, daß sich der Greis des Geistes Jugend erhalten hatte.

Unter dem Datum des 20. September 1898, an dessen Abend Theodor Fontane einem Herzschlag erlag, war die erste Ausgabe der Berliner Morgenpost erschienen, die als „Neues Berliner Lokalblatt“ neben der Berliner Zeitung, der Berliner Abendpost und der einzigartigen Berliner Illustrierten Zeitung binnen kurzer Zeit zum vierten „Großunternehmen“ [10] des Hauses Ullstein werden sollte. Das bei einem Wochenabonnement von 10 Pfennig durch Boten ins Hause gelieferte Blatt brachte am 22. September einen Feuilletonbeitrag über Fontane, als dessen Verfasser der junge Monty Jacobs zeichnete, dem in den kommenden Jahrzehnten eine bedeutende publizistische Laufbahn in dem gigantischen Verlagsimperium Ullstein bevorstand. Ob Jacobs, ein Schüler des Berliner Germanisten Erich Schmidt, eine unmittelbare persönliche Beziehung zu Fontane gehabt hatte, war aus seinen Worten nicht zu erkennen. Auch er begann, ebenso wie Mauthner, mit des Dichters fehlendem Sinn für Feierlichkeit [11]. Fontane habe aus diesem Charakterfehler niemals ein Hehl gemacht. Man hatte den Eindruck, als wollte er sich dafür entschuldigen, daß ihm keine gravitatische Jubiläumsmiene, keine steife Höflichkeitsformel zur Verfügung stand. Deshalb dürfe sich ein Nachruf weder in schwülstigen Beteuerungen noch in schwungvollen Redensarten ergehen. Dieser Tote heische

keinen Nekrolog im üblichen salbungsvollen Ton, sondern ein herzliches Erinnern in wehmütiger Dankbarkeit, eine andächtige Feier, aber keine Feierlichkeit.

Ein Mächtiger im Fabelland der Kunst sei unserem Empfinden nahezu immer fern. Unsere Verehrung stehe dann unter einem bedrückenden, fast beängstigenden Zwang. Wie anders hier. Denn kein Zweiter unter den Vielbewunderten der Nation habe der Mitwelt in so vertrauter Weise nahegestanden. Jedes Beispiel seines Schaffens, jede Lebensäußerung habe dagegen diese Intimität zum Ausdruck gebracht. So sei die Bewunderung für die reife Meisterschaft seiner Leistung niemals beeinträchtigt worden. In der Phantasie seiner Leser habe er nicht unendlich fern gelebt, sondern in einem jedem vertrauten Lebenskreis. Aber es wäre verkehrt, sich in solch friedensatmender Umwelt einen zahmen, flügelahnen Alten, in stiller Entsagung Zurückblickenden zu denken. „Ein Stillstehen war für Fontane unvorstellbar, müdes Ausruhen ebensowenig.“ Gewiß, er sei ein konservativer Geist im besten Sinne gewesen, und dies bis an sein Lebensende, „doch sein Denken und Schaffen war den Mächten zugewandt, die zutiefst verheißend in der Jugend wirkten“.

Niemand sei berufener als er gewesen, das Leben seiner Landsleute als Dichter zu gestalten, ein so genaues Bild von ihrer Vergangenheit zu formen, seien es die Zeiten des Regiments Gendarmes oder die dunkle Epoche „Vor dem Sturm“. Doch er wäre ohne die bunten Kostüme der Vorzeit nicht ratlos gewesen, wie die Modedichter der achtziger Jahre, die anders die Schwäche erklügelter Gestalten nicht zu bewältigen vermochten. „Denn seine friderizianischen Hofdamen und die Offiziere der napoleonischen Zeit konnten gewiß nicht echter sein, als er sie wiedergab. Tatsächlich waren sie nichts anderes als seine mit liebevoller Sorgfalt beobachteten Mitmenschen.“ So sei es eigentlich keine Überraschung gewesen, daß ihr Schöpfer „in den letzten Jahren seines reichen Schaffens gänzlich das historische Kostüm beiseite schob und mit der Sicherheit einer langjährigen Erfahrung das Geschehen seiner Zeit in wundervollen, vom Geist und Gefühl seiner milden Altersweisheit erfüllten Erzählungen zu Papier brachte. Anstatt eines erschöpften Produktionsvermögens war ihm eine Steigerung des dichterischen Empfindungsvermögens, eine immer reichere Anschaulichkeit des poetischen Stils vergönnt.“ Romane wie „Stine“, „Irrungen, Wirrungen“, „Effi Briest“ seien Schöpfungen, in denen zarte Herzensteine, verbunden mit herber, aber doch humorvoller Lebenskraft es fast unglaublich erscheinen ließen, daß hier ein Siebzigjähriger am Werke gewesen war. „Nur der oft spürbare ironische Grundton konnte es verraten. Es war eine von jeglicher Verbissenheit freie, aber den Geist harmonischer Versöhnlichkeit widerspiegelnde Ironie, wie sie das Alter atmet und die weltumspannende Lebensweisheit ...“

Die eigentlich überraschende Verbundenheit der Frankfurter Zeitung mit der Persönlichkeit Theodor Fontanes wurde erneut im Abendblatt des 23. September evident. Mit der üblichen Einleitung „Man schreibt uns“ äußerte sich dort ein ungenannter Kenner. Der sympathische Dichter habe eine prachtvolle Handschrift gehabt: kräftig, deutlich, markig; man könne sagen, märkisch, wie das Land, das er gleich einem Dickens schilderte. Als der Schreiber ihm vor zwei Jahren über diese bei einem Mann von Ende siebzig auffallende Fähigkeit einige liebenswürdige Worte schrieb, erwiderte Fontane. „Eine Wendung in Ihrem Brief erinnert mich an Heines vorzügliches Wort über Varnhagen:

„Ja, Varnhagen, er ist der große Kalligraph unter den deutschen Schriftstellern“, ein Seitenstück zu dem, was Heine über Meyerbeer sagte: „Ja, Meyerbeer, den kenne ich, der ist berühmt durch seinen Ruhm.“ Fontane sei dem Volke allerdings mehr als der große Kalligraph. Er sei berühmt durch seine Werke... Sein Humor sei auch bei der Kritik durchgedrungen: über einen verstorbenen Bildhauer habe er ihm geschrieben: „Seine Kunstwerke sind von sehr bescheidenem Werte, weil prosaisch aufgefaßt. Er war sehr geschickt, aber auch sehr (sagen wir so) – ‚Prenzlauer‘.“

Das Sonntagmorgenblatt der Frankfurter Zeitung vom 25. September hätte fast als eine Fontane-Ausgabe registriert werden können [12]. Auf der Titelseite berichtete der Berliner Korrespondent über „Die Leichenfeier für Theodor Fontane“, während im Feuilleton der hochbegabte jüdische Literaturhistoriker Ernst Heilborn es in einem weitgespannten Bogen unternahm, dem Gesamtwerk des Dichters gerecht zu werden. Im Mittelpunkt des Berliner Berichts stand die bei der Beisetzung am 24. September vor Hunderten von Freunden, Verehrern sowie näheren und ferneren Berufsgenossen am offenen Grabe auf dem alten Friedhof der Französischen Kolonie gehaltene, bewegende Ansprache des siebzيجährigen Karl Frenzel, auch er, wie Fontane, Mitbegründer des Vereins „Berliner Presse“. Alles, was schaffend und genießend zur Literatur gehörte und zu den verwandten Gebieten der Schönen Künste hätte sich so vollzählig eingefunden, wie kaum jemals aus ähnlichem Anlaß. „Es fehlte“, so der Korrespondent, „kein Namhafter aus der Zahl der Dichter, Schriftsteller und Journalisten, und auch keine Korporation“.

Frenzel bewunderte in seiner Grabrede, wie die geringen Erfolge der ersten Arbeiten Fontanes ihn ebenso wenig entmutigt, hätten wie das Glück und der Ruhm der späteren den Dichter nicht berauschten. Er sei immer sich selbst treu geblieben. Neidlos hätten ihm Alle den Vortritt gelassen, denn keiner dürfte sich mit ihm in der Dauer, dem Fleiß und der Redlichkeit seiner literarischen Tätigkeit, und nur Wenige könnten sich mit seiner Begabung messen. In jedem Sinne sei er „einer der unsrigen“ gewesen, als Mensch, als Journalist wie als Dichter. „Berlin umschloß von Anfang bis zum Ende sein Dasein, sein Denken und Trachten. So oft er diese märkische Erde berührte, wuchsen ihm die Kräfte neu. Wie glücklich war schließlich dies Leben, das ihm noch im Alter zu allgemeiner Anerkennung, zum Bewußtsein seiner schriftstellerischen Bedeutung verhalf. Des Ruhmes und der Liebe hatte er genug. Ihm blieben die Sorgen, die Leiden und Runzeln des Alters erspart;“ für ihn sei das Alter In Wahrheit die Krone des Lebens gewesen. Einen ihrer hervorragendsten und originellsten Schriftsteller habe die deutsche Literatur verloren, die Zurückgebliebenen einen treuen Freund und die Zierde seines Standes. Seine Werke und sein Beispiel würden nachwirken in die Ferne der Zukunft und seines Namens Gedächtnis sowie die Kunde von der Schönheit und Eigenart seiner Kunst lebendig erhalten.

„Um neun Uhr ist alles aus.“ Ernst Heilborn leitete seinen Feuilletonbeitrag über Fontane mit dieser im Berliner Schauspielhaus einstmals gängigen Redensart ein, die der Dichter von Louis Schneider gehört und manchmal als guten Trost empfunden hatte. Nun habe die neunte Stunde auch für ihn geschlagen. Und es sei doch nicht alles aus.

Nein, meinte Heilborn, gewiß nicht. Fontanes Persönlichkeit bleibe; sein Werk werde bleiben. Dieser Mann und sein Werk seien Eins. Durch die lange Reihe seiner Romane gehe ein und dieselbe Gestalt. Ein plaudernder Mann mit weichem Herzen, leicht gerührt und leicht verführt. Bald heiße er van der Straaten, bald Schach von Wuthenow; bald sei er der alte Graf in „Stjne“, bald der Onkel General In den „Poggenpuhls“; Effi Briests Vater gleiche ihm, und Willibald Schmidt, Frau Jenny Treibels trefflicher Freund; und am vortrefflichsten vielleicht nehme er sich aus als Dubslaw von Stechlin. Wie er auch heiße und unter wie verschiedenen gearteten Lebensumständen er sich entwickeln mag – es sei immer derselbe Mann, Theodor Fontanes Vater. Und in dieser Gestalt sei fast immer die Weltanschauung kristallisiert, auf die es Fontane ankomme. Und wie sich diese Figur wandle und auswachse, werde sie immer mehr einem Anderen gleich, Theodor Fontane selbst.

„L'Adultera“, „Cecile“, „Graf Petöfy“, „Effi Briest“, in all diesen Romanen stehe die Ehebruchsfrage mehr oder weniger im Mittelpunkt der Erzählung. Nie aber habe die Leidenschaft irgendwelchen Teil daran. Denn dies sei das Charakteristische: Theodor Fontane sei ein Künstler ohne Leidenschaft. Mit dem Ausscheiden der Leidenschaft aber und der Schuld (denn vor seinen gütigen Augen könne keine Schuld bestehen) scheide auch das aus seiner künstlerischen Welt aus, was man gemeinhin „Handlung“ nenne. Handlungs- und Kompositionslosigkeit habe man seinen Romanen vorgeworfen, und das mit Recht. Dennoch solle man ihm nicht alle Komposition absprechen; er ordne sie nur charakteristisch unter. Die Menschen sollen sich ausleben, das sei ihm erstes Gebot. Seine Menschen lebten sich aus, und das sei das Köstliche. Und nie habe Fontane den Menschen idealisiert; aber er habe ihn immer vermenschlicht. In dieser Vermenschlichung des Menschlichen sei auch das Beste seiner Weltanschauung beschlossen. „Er glaubte an den Menschen und er durfte es tun. Und wie er in dem Alltäglichen sich seine Poesie entdeckte, so auch den Lebenstrost in den kleinen Freuden des Alltags.“ Theodor Fontane sei der große Dichter der kleinen Lebensfreuden geworden und damit ein Dichter, der tröstet. Auf der London Bridge, so habe Fontane ihm einmal erzählt, mitten im Gewühl der Großstadt, wo niemand nach ihm fragte und er niemanden hatte (Frau und Kind waren daheim geblieben), da sei ihm zuerst die Nichtigkeit des eigenen Ichs und der Trost der kleinen Freuden aufgegangen. Sie beide hätten einmal in kurzem Gespräch in einer gemeinsamen Begeisterung zusammengefunden: London. „Ja, sehen Sie, London“, habe der alte Fontane gesagt. „London, das ist was, und ist auch was Großes. Aber worin das Große eigentlich steckt, das hab' ich rein aus Zufall erfahren. Da war ich einmal mit meinem Freunde in einer kleinen lumpigen Taverne im Osten. Und die Wirtin kam gerade heim und da war ein Tisch für sie gedeckt und da setzte sie sich hin und aß ihr Diner. Und wir sahen zu. Und das werd' ich nie vergessen, wie zierlich diese doch nicht der besten Gesellschaft angehörende Frau mit Messer und Gabel hantierte und ihren Anstand wahrte. Besser als die Prinzessinnen bei uns. Und das ist das Große: die Bildung des Volkes.“

In Theodor Fontanes Leben, so still und eng umgrenzt es verfloß, seien starke Gegensätze vereinigt. Er liebte zeitlebens die „Ordnung“ und mit ihr die Autorität, er hing an seinem angestammten Fürstenhause, und der märkische Landjunker, freilich sehr, sehr

vermenschlicht, war ihm ans Herz gewachsen. Aber, so Heilborn – und deshalb habe er die kleine Erinnerung aus London hierhergesetzt –, Fontane habe den tiefsten Respekt vor dem Empfinden und Willen des Volkes. Man müsse sein Erinnerungsbuch an 1848 lesen, um das zu verstehen. „Und das war's, was ihm in England imponierte, die Bildung des Volkes und die Festigkeit des Volkswillens.“ Auf den Menschen sei es dem alten Fontane angekommen. In tapferem, reinen Menschentum habe er die beste Garantie für jede Zukunft gesehen.

Wenn Fontane etwas haßte, seien es jene Bourgeois gewesen, die nur an sich denken und, gedankenlos dahinlebend, für andere kein Herz haben. Doch nun lese man „Frau Jenny Treibel“, „vielleicht sein bestes Buch“. Frau Jenny sei doch gewiß der Prototyp der Bourgeoisie im schlechten Sinne des Wortes, und doch, wie auch hier der Haß von der Liebe des Schaffenden aufgesogen werde. Er mochte sich ereifern und erzürnen; wenn es darauf ankam, sah er alles mit gütigem Herzen.

Fontane sei ein Realist gewesen, und er habe das gehabt, was ihn dazu befähigte: seine eigene Persönlichkeit. Aus dem Reichtum seiner Persönlichkeit habe er allen seinen Gestalten gegeben, aus dem eigenen Herzen heraus habe er die Lösung aller Probleme gefunden. Und dies Gefühl für die Persönlichkeit Theodor Fontanes müsse neben seinem Werk lebendig bleiben. „Das darf uns sein Tod nicht rauben“. Am gleichen Tage berichtete die Vossische Zeitung [13] noch ausführlicher über die Beisetzung Fontanes, wenn auch im Gegensatz zur Frakfurter Zeitung, unter der Rubrik „Lokales“. Neben den langen Reihen der auf dem Friedhof erschienenen höchst prominenten Teilnehmer „aus der Welt des Schrifttums“ und vieler anderer Bereiche des öffentlichen Lebens legte der Bericht Wert auf die Tatsache, daß im Gefühl des Stolzes, Fontane zu den Ihrigen zählen zu können, die Tagesschriftsteller durch die Redaktionen fast aller großen Zeitungen Berlins teils durch Ihre Chefredakteure, teils durch Abordnungen vertreten waren. Von besonderem Gewicht für das zeitgenössische Fontanebild erwiesen sich die am Grabe gesprochenen Worte von Geheimrat Lessing, des Haupteigentümers der Vossischen Zeitung. In Fontane sei, dem Sprecher zufolge, der Hang zur persönlichen Freiheit so ausgesprochen gewesen, daß er sich nicht in ein festes Verhältnis zu binden vermochte. Alle Versuche, dies zu bewerkstelligen, seien mit einer einzigen Ausnahme gescheitert. Neunzehn Jahre lang habe der Verstorbene der Vossischen Zeitung angehört, als ein Muster treuer Pflichterfüllung und unbegrenzter Integrität „gerecht und linde“ in seiner Kritik, durch die Milde seines Wesens „sich alle zu Freunden gemacht, denen es vergönnt war, mit ihm in Berührung zu kommen“. Auch seit seinem Ausscheiden sei die Verbindung mit der Vossischen Zeitung eng geblieben. Er, Lessing, habe es deshalb als seine Pflicht erachtet, „dem Verewigten aus vollem Herzen an seinem Grabe zu danken“, das neben Hunderten von Blumengaben, auch ein durch Geheimrat von Lucanus, den Chef des Zivilkabinetts, überbrachter, mit der Kaiserkrone geschmückter Kranz des Monarchen zierte.

Nur wenige Tage später ergriff der kurz zuvor zum Wiener Burgtheaterdirektor ernannte Berliner Kritiker Paul Schlenther [14] In der Neuen Freien Presse, dem liberalen österreichischen Leitorgan, vom 27. September das Wort. Noch am 16. September war er als Freund des Hauses mit seiner Frau, der von Fontane bewunderten Schauspielerin



Paula Conrad, bei der stillen Verlobungsfeier von Mete Fontane einer der wenigen Gäste gewesen, als der Dichter den launigen Trinkspruch auf „Eine feste Burg“ gehalten hatte.

Nach einer dem Zeitgeist entsprechenden, vergleichenden Zusammenfügung der „beiden großen Toten“ des Jahres 1898 („Fontane gehört zu Bismarck, ob oder weil er nie zu den Bismarck-Dogmatikern gehörte“) kam Schlenther auf die späteren Jahre des Dichters zu sprechen. Daß Dichter wunderliche Leute sind, sei eine Massenweisheit; und da den Abonnenten der Vossischen Zeitung, die in Berlin zugleich Abonnenten des königlichen Schauspielhauses zu sein pflegten, ihr Theaterreferent Fontane in seiner, vom Gewöhnlichen so ganz abweichenden Tonart oft recht wunderbar vorkam, so dürften ihn einige schon deshalb für einen Dichter gehalten haben. Die meisten hätten den früh ergrauten alten Herrn in seiner Stammsitzecke im Parkett „als eine Art abgetakelten Literaturreis“ hingenommen, der im Ganzen aber nicht recht ernst zu nehmen sei. So sei die Meinung über Fontane gewesen, als er, Schlenther, vor 21 Jahren nach Berlin kam, damals leidenschaftlich dem Theaterteufel verfallen, habe er ihm die abschweifende Art, wie der gute Mann im entscheidenden Organ der öffentlichen Meinung mit dem von ihm geliebten Gegenstande umging, verübelt. Wenige Jahre später, 1882, habe er „L’Adultera“ gelesen. Nun sei ihm Fontane ganz verwandelt erschienen. In seiner Kritik, die Schlenther für die „Tribüne“ zu liefern hatte, habe er den Vergleich mit Zola gewagt. „Großes Kopfschütteln in der Redaktion. Der gute, alte, harmlose Papa Fontane und Zola! Zu närrisch. Man strich den Passus.“ Trotz dieser Verstümmelung habe der Artikel das staunende Interesse des so gar nicht verwöhnten Dichterautors erregt, der brieflich in dem Rezensenten ein Pseudonym seines ihm sehr gewogenen „Spezial-Kollegen“ Otto Brahm vermutete. Brahm habe dann Schlenther das wehmütig-humoristische Schreiben gegeben, und daraufhin habe er dem „verkannten Dichter“ seinen ersten Besuch gemacht.

Schlenther verfolgte dann in breiter und positiver Darstellung das Werden und die Würdigung der „sechzehn merkwürdigen, im feinsten Sinne des Wortes modernen realistischen Dichtungen“, die auf „L’Adultera“ folgten, bis zu dem Tag der durch Erich Schmidt, Theodor Mommsen und den Geographen Ferdinand von Richthofen bei den zünftigen Fakultätsgenossen der Berliner Friedrich-Wilhelms-Universität durchgesetzten Ehrenpromotion für den fünfundsiebzigjährigen Dichter. Fontane habe die Würde freudig entgegengenommen, jedoch dem das Diplom überreichenden freundlich lächelnden Geographieprofessor erwidert, mit seinen nun auch universitär gepriesenen märkischen Wanderungen sei eigentlich nicht viel los. Er selbst erblicke sein wirkliches Lebenswerk nun doch in der Romanschreiberei.

So sei Fontane, „sechzig Jahre lang ein bettelarmer Literat, zwanzig Jahre lang ein königlicher, nun auch königlich belohnter Dichter“, hart an die Schwelle der Achtzig gerückt. Sein Glück habe sich bis zur letzten Stunde in aufsteigender Linie bewegt. Und so würde auch der Nachlaß dieses Lebens vorwärts und aufwärts dringen. Denn Theodor Fontane gehöre zu den klassischen Zeugen seiner Zeit. „Solche Leute aber sind von Dauer.“

Womit, so müsse man fragen, habe Fontane aber seine schönsten Jahre, das sogenannte Mannesalter, vertan? „War es nur die Not nach Brot, die seinen Pegasus so lange im

Joch hielt? Vielleicht gab es aber noch zwei andere Ursachen, die sich wundersam ergänzten und in ihrer tiefen einheitlichen Wirkung ein Ganzes endlich schaffen konnten. Das eine mochte Sehnsucht nach menschlicher Größe, das andere Sammlung kleiner Lebenseindrücke heißen.“ Nie sei ein Mensch mit schärferen Sinnen durchs Dasein gegangen als Fontane, doch ebenso liebevoll wie scharf „Gedächtnis und Phantasie schienen bei ihm Eins geworden; in diesem ungeheuren Speicher verdorrte nichts.“ Über seine Erinnerungen an Fontane schrieb am 29. September der vielgelesene Schriftsteller Fedor von Zobeltitz in den angesehenen Hamburger Nachrichten. Er kannte ihn schon lange, habe ihn aber vor Jahren erst in Kissingen wirklich kennengelernt. Fontane sei nicht das gewesen, was man einen „geistreichen Plauderer“ zu nennen pflegte. Man hätte den Eindruck gehabt, es fiele ihm nicht leicht, seinen Gedanken in gesprochenen Worten Ausdruck zu geben. Er sei anfänglich auch ein wenig kühl und reserviert gewesen und nur langsam aufgetaut. Hätte er aber erst ein gewisses Interesse für die Persönlichkeit des Anderen gewonnen, so erwärmte er sich rasch, wurde herzlich und liebenswürdig und wurde zum wahren Freunde. Als Kritiker sei er streng gewesen, aber im Ausdruck immer gemäßigt; bittere Worte und persönliche Angriffe habe er verschmäht. Nach eingehender Schilderung der großen Feier zum 70. Geburtstag Fontanes im Englischen Hause kam Zobeltitz auf seinen letzten Besuch bei Fontane vor drei Jahren in der Wohnung in der Potsdamer Straße zu sprechen, „wo der Dichter in niedrigen, aber unendlich behaglichen Räumen wohnte“. Sein schönes Dichterauge habe er bis zuletzt behalten. Sein mildes ruhiges Greisenantlitz erschien wie die Verkörperung seines Wesens. „Ein großer Mann ist uns mit Fontane entrissen worden. Aber der Tod löscht seinen Namen nicht“ [15].

Maximilian Harden eröffnete das erste Oktoberheft seiner Berliner Wochenzeitschrift „Die Zukunft“ mit einem längeren Beitrag über das Thema „Theodor Fontane“, dem sich erneut zu widmen er eigentlich nicht mehr im Sinn gehabt hatte [16]. Zitate aus mehreren nahezu „voltairischen“ Briefen Fontanes ergänzten scharfsinnige Bemerkungen zu den Werken des Dichters. Mit den „Wanderungen durch die Mark Brandenburg“ habe er dem deutschen Publikum das „preussische Feuilleton“ gegeben. Im Grunde gipfelte das Ganze, wenn auch nicht in dieser Reihenfolge, in sehr persönlichen Eindrücken. So habe er Fontane erst kürzlich in der Dämmerung am Potsdamer Platz beobachten können, wo er ihm als die Verkörperung des Ordnungssinns erschienen war. In diesen Zeilen war nichts von der träumerischen Entrücktheit Fontanes zu spüren, die Franz Servaes im Juli in der gleichen Gegend (vor dem Palasthotel) mit tiefer Rührung wahrgenommen hatte [17]. Harden meinte, daß manches scheinbar Feste in Fontanes Weltanschauung sich im Laufe der Jahre gewandelt hätte, doch den Sinn für Ordnung habe der „in Preussens Sandbüchse verpflanzte Spross hugenottischer Gascogner“ unverändert beibehalten. Diesen Ordnungssinn konnte man an jenem Tage am Rande des Potsdamer Platzes bestätigt sehen. Als Ergebnis der „lößlichen Leistung des kopflosen Magistrats“ sei die Kreuzung mehrerer Straßen nur mit Lebensgefahr überschreitbar gewesen. Doch der alte Herr hätte geduldig und aufrecht am Rande der Fahrbahn ausgeharrt, „den Rockkragen bis über die Ohren gezogen, den grünen Shawl um den Hals geschlungen, ein Taschentuch vor den Mund haltend. Inmitten eines Chaos von Droschken, Straßenbahnen und

dichten Passantenströmen, unternahm er keinen Versuch, an die gegenüberliegende Ecke des berühmten Café Josty zu gelangen, innerlich gewiß zornig über jene, die alte Leute zwingen, in Wind und Wetter auszuharren, ließ er sich nichts anmerken. Doch dagegen auftrumpfen? Nein, Ordnung müsse sein. Das „straffe Bureaukratengesicht“ verriet keine Unmutsspur und „und das grosse blaue Auge ...“ betrachtete das Geschehen vor ihm mit „gewohnter Milde“. Er war eben „sein Leben lang ein ordentlicher Mensch“, der auf die rettende Handbewegung des Schutzmanns wartete.

Der Chefredakteur der Münchner Neuesten Nachrichten, Gustav Keyssner, der Fontane erst im August in Berlin aufgesucht hatte, nannte diesen im Morgenblatt des 8. Oktober den „Preußendichter“, in dem ganz Deutschland einen der Besten des Landes betrauerte. Es sei noch nicht lange her, daß man auch in Süddeutschland angefangen habe, Fontanes große und allgemeine Bedeutung zu würdigen. „Effi Briest“, sein vollendetster Roman, habe dem Dichter auch südlich des Mains festen Boden erobert.

Als wenig anerkannter Schriftsteller, „in keiner Gesellschaftsklasse ganz zu Hause und doch zu allen in Beziehung stehend, als liebenswürdiger Mensch und charmanter Gesellschafter, überall gern gesehen, und doch nirgends als bürgerliche Existenz für voll angesehen“, so habe er selbst seine Stellung empfunden. Der Funke, der in seinen Werken glühe, werde leuchten und weiterzünden und mit der eigenen Helle und Wärme neues Licht und neue Flammen wecken. Wenn unserer heutigen Kultur überhaupt eine Zukunft beschieden sei, dann werde auch Theodor Fontane mit und in ihr weiterleben, nicht als preußischer und deutscher Dichter allein, sondern als einer der edelsten Repräsentanten einer großen Zeit, dessen Lebenswerk für die literarische und gesellschaftliche Bildung vorbildliche Bedeutung habe [18].

Bereits eine Woche zuvor hatte eine Berliner Veranstaltung besonderer Art das Bild Theodor Fontanes verdichtet. Der Verein „Berliner Presse“ hatte zu einer Trauerfeier für den 2. Oktober im Festsaal des Roten Rathauses eingeladen. Dem alten Fontane wären ganz gewiß die Augen übergegangen angesichts der hier erschienenen offiziellen Persönlichkeiten, deren jede, wie es Fritz Engel (später neben Alfred Kerr als prominenter Theaterkritiker für das Berliner Tageblatt tätig) formulierte [19], „gleich eine ganze Rubrik der staatlichen, städtischen, künstlerischen und wissenschaftlichen Welt repräsentierten“. Der Bericht nannte unter vielen anderen die früheren Minister Delbrück und von Maybach, den Unterstaatssekretär aus dem Reichsamt des Innern, Vertreter des Kultusministeriums, den Hanseatischen Gesandten, den Kommandanten des Märkischen Armeekorps, den Berliner Bürgermeister mit Stadträten und Stadtverordneten, den Rektor der Friedrich-Wilhelms-Universität, den berühmten Nationalökonom Prof. Gustav Schmoller, Abgeordnete, Vertreter von Kunst, Literatur und Theaterwelt. Im Gegensatz zu den offiziellen Persönlichkeiten im Parkett des Saales gehörten die auf den Tribünen dicht gedrängten Freunde und Verehrer Fontanes allen gesellschaftlichen Schichten an. Nach der musikalischen Einstimmung durch den Philharmonischen Chor bestieg Prof. Erich Schmidt, seit langem der Gönner und Freund Fontanes, als Redner das Podium. Mit Recht meinte Fritz Engel, daß Überraschendes und Neues zur Charakteristik des Dichters in dem dabei entworfenen Lebensbild nicht mehr zu sagen war. Fontane habe, wie schon Karl Frenzel am Grabe zum Ausdruck gebracht hatte, als Schriftsteller seine

Grenzen gekannt. Er sei, wie Schmidt fortfuhr, immer nur er selbst gewesen. Ja, er sei immer fontanescher geworden, immer freier in der Bekundung seiner Persönlichkeit. „Ihm fiel beim Erzählen immer noch etwas ein, und er erzählte es ohne Rücksicht auf die Technik und die Ökonomie des Romans, wie in der Laune eines freien Spaziergangs. Manchmal ließ er wohl auch Dinge von Personen sagen, die derlei in der Wirklichkeit nicht sagen würden; aber immer sei er in der Sache selbst objektiv, und gegen diese Objektivität kämen auch die Jüngsten nicht heran, trotz Armerleutegeredes und Argot-Gestammels“ – eine Wendung, die sich, wie Engel meinte, aus dem Munde Erich Schmidts, ziemlich pikant ausgenommen habe. Dann habe der Redner die Hörer in des Dichters Heim geführt, „das man nie unerquickt verließ, in diese niedrigen, unmodischen und doch so behaglichen Räume, wo der Alte mit der Jugend jung blieb, über alles unbefangen und genießend sprach, auch im Gegner immer den Menschen aufsuchend: „Ich kenne nichts Öderes als Partei, Partei.“ Eine Lobpreisung des letzten Werkes, des „Stechlin“, schloß mit Fontanes dort niedergeschriebenen eigenen Worten „Ein Mann und ein Kind“ – einen besseren Nachruf könne niemand dem Dichter widmen ...

Danach sprach Joseph Kainz, der genialste Schauspieler der damaligen Bühne, einige Gedichte Fontanes, zuletzt „Der alte Zieten“, bevor der Chor aus Handels „Samson“ die Strophe „Streut die Blumen, süß von Duft, auf den Weg und auf die Gruft“ sang.

Eine zweite Feier, diesmal im Schiller-Theater, am Abend des 2. Oktober beschloß den Trauersonntag und damit die ersten zwei Wochen der sich noch lange in Veranstaltungen und Gedenkschriften fortsetzenden Erinnerung an Theodor Fontane und sein Werk.

### *Anmerkungen*

- [1] Hans-Heinrich Reuter. Fontane. München 1968. Zweiter Band, S. 980, Anmerkung 12.
- [2] Christa Schultze, „Theodor Fontanes Briefe an Ludwig Pietsch. Eingeleitet und kommentiert von C. C. (Berlin)“ in Fontane-Blätter (Potsdam), Band 2, Heft 1, 1969, S. 10).
- [3] Frederick Betz u. Jörg Thumecke: „Die Briefe Theodor Fontanes an Fritz Mauthner – ...“ in Fontane-Blätter (Potsdam), 1984/2, Band 5, Heft 6, S. 531/32, Anmerkung 59.
- [4] Paul Lindenberg, „Fontanes L. P.-Novelle. Ein ungedruckter Novellenentwurf“ in Deutsche Rundschau (Berlin), Jahrgang 61, 1935, S. 135–142.
- [5] Peter de Mendelssohn. Zeitungstadt Berlin. Berlin 1959. S. 164.
- [6] Lindenberg, a.a.O., S. 136.
- [7] Friedrich Fontane „Potsdamer Strasse 134c, III links“ in Brandenburgische Jahrbücher, 1938, Heft 9, S. 62–68.
- [8] F. M. „Theodor Fontane †“ in Berliner Tageblatt und Handelszeitung, 21. September 1898 (Zeitungsforschungsinstitut, Dortmund).
- [9] Frankfurter Zeitung und Handelsblatt, 21. 9. 1898, Abendausgabe.
- [10] Walter G. Oschilewski. Zeitungen in Berlin. Im Spiegel der Jahrhunderte. Berlin 1975. S. 95.
- [11] Monty Jacobs, „Theodor Fontane †“ in Berliner Morgenpost, 21. September 1898 (Theodor-Fontane-Archiv, Potsdam, unter ZA 1898). Ueber M. J. vgl. 50 Jahre Ullstein 1877–1927, S. 160 u. 250.
- [12] Frankfurter Zeitung und Handelsblatt, 25. September 1898, Morgenblatt.
- [13] Photokopie im Besitz des Verfassers.

- [14] „Theodor Fontane 1819–1898“ in Neue Freie Presse (Wien), 27. September 1898 (Theodor-Fontane-Archiv, Potsdam, Hf 50/3494).
- [15] Wiederabgedruckt in Zobeltitz, Fedor von: Chronik der Gesellschaft unter dem letzten Kaiserreich. Hamburg 1922, Band 1, S. 239–243.
- [16] „Die Zukunft“, 1. Oktober 1898 (Universitätsbibliothek Bremen)
- [17] Franz Servaes: Fontane (Zweites Tausend), (Die Dichtung, Band XXIV). Berlin und Leipzig o.J., S. 11–13.
- [18] G. Keyssner „Theodor Fontane“ in Münchner Neueste Nachrichten, 8. Oktober 1898, Morgenblatt (Theodor-Fontane-Archiv, Potsdam, ZA 1898).
- [19] F. E. „Gedenkfeier für Theodor Fontane“ in Berliner Tageblatt und Handelszeitung, 3. Oktober 1898 (Theodor-Fontane-Archiv, Potsdam).

---

Prof. Dr. Edgar R. Rosen  
Jasperallee 7 · 38102 Braunschweig

# **FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG**

## **11. JUNI 1993**

### **ÖFFENTLICHE WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE**

PETER G. MEZGER, Bonn

#### **Blick in das kalte Weltall: Was Radio- und Infrarotastronomie uns lehren\***

##### **I. Die frühen Jahre der Radio- und Infrarotastronomie**

###### **1. Radioastronomie**

Die Geburtsstunde der Radioastronomie läßt sich ziemlich genau angeben. Anfang der 30er Jahre erhielt der Radioingenieur Karl Guthe Jansky von seinem Arbeitgeber, den Bell Telephone Laboratories in New Jersey, USA, den Auftrag, die Natur der atmosphärischen Störungen in dem damals für interkontinentale Nachrichtenverbindungen sehr wichtigen Kurzwellenband um 14.5 Meter-Wellenlänge zu untersuchen. Neben den erwarteten Störungen, z. B. durch Blitzentladungen, fand Jansky 1932 noch eine breitbandige Kontinuumstrahlung, die täglich ein Maximum erreichte, dessen Auftreten sich pro Tag jeweils um rund 4 Minuten verschob. Das ist – wie Jansky richtig erkannte – das Merkmal einer Strahlungsquelle, die sich außerhalb des Sonnensystems befindet. Später konnte Jansky noch nachweisen, daß das Intensitätsmaximum der Strahlung mit dem vermuteten Zentrum des Milchstraßensystems zusammenfiel: Er hatte – wie wir heute wissen – die Synchrotronstrahlung der Milchstraße entdeckt.

Damals aber konnte niemand die Natur dieser Radiostrahlung deuten. Janskys Entdeckung wurde wohl auch deshalb erst ein halbes Jahrzehnt später wieder von dem Radioingenieur und Amateurastronomen Grote Reber aufgegriffen, der im Garten seines Hauses in einem Vorort Chicagos sein eigenes Radioteleskop baute, aufstellte und damit die ersten systematischen Himmelsdurchmusterungen durchführte, die er 1943 veröffentlichte. Der Durchbruch für die Radioastronomie kam mit dem Kriegsende, als die bis dahin hochgeheimen Radar-Laboratorien sich öffneten und eine Schar hochqualifizierter und motivierter Ingenieure und Physiker entließen, die ihr erworbenes Wissen bei der

---

\* Vortrag bei der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 11. Juni 1993.



Abbildung 1:

Das 100 m-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Effelsberg, südwestlich von Bonn. Dieses aus Mitteln der VW-Stiftung gebaute Teleskop wird routinemäßig für Beobachtungen bis zu kürzesten Wellenlängen von 7 Millimetern eingesetzt und ist das wichtigste Einzelteleskop in dem internationalen Netz der Radiointerferometrie mit transkontinentalen Basislängen (s. Abb. 3).

Entwicklung von Radargeräten nun auf den Bau von Teleskopen und empfindlichen Empfängern für radioastronomische Beobachtungen anwendeten. Und als im Jahre 1951 die von dem damaligen holländischen Astronomiestudenten Hank van de Hulst bereits in den letzten Kriegsjahren vorhergesagte 21 cm-Linie des neutralen Wasserstoffs entdeckt wurde, erkannten auch die meisten Astronomen die Bedeutung dieses neuen Zweigs der beobachtenden Astronomie.

In den Nachkriegsjahren war der deutsche Beitrag zur Entwicklung der Radioastronomie eher passiver Natur. Die deutsche Luftwaffe hatte über tausend Radargeräte vom Typ Würzburg-Riese als Feuerleitgeräte für die Flugzeugabwehr herstellen lassen, deren tiefgezogene 7.5 Meter-Antennen nun die Grundausrüstung der meisten radioastronomischen Gruppen in Europa bildeten. In der Bundesrepublik wurde das erste international konkurrenzfähige Radioteleskop mit einem Durchmesser von 25 Metern auf Initiative des damaligen Forschungs-Staatssekretärs Leo Brandt auf dem Stockert, ca. 40 km westlich von Bonn errichtet, und 1956 von der Sternwarte der Universität Bonn in Betrieb genommen. Eine Denkschrift zur Lage der Astronomie, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft initiiert und Anfang der 60er Jahre unter der Leitung von Prof. H. H. Voigt in die Tat umgesetzt, führte unter anderem zur Gründung des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie (MPIfR) in Bonn. Mit großzügiger Unterstützung der VW-Stiftung (vormals: Stiftung Volkswagenwerk) wurde von dem Firmenkonsortium Krupp/MAN, in Zusammenarbeit mit dem MPIfR, das größte vollbewegliche Radioteleskop der Welt mit einem Durchmesser von 100 Metern im ca. 60 km südwestlich von Bonn gelegenen Ort Effelsberg gebaut. Es wurde Anfang der 70er Jahre in Betrieb genommen (Abb. 1).

## 2. Infrarot-Astronomie

Ausgangspunkt für die Radioastronomie war die völlig unerwartete Entdeckung der Synchrotronstrahlung unserer Milchstraße durch Karl Guthe Jansky. Die Beobachtung, daß Sterne und Planeten einen beträchtlichen Anteil ihrer Leuchtkraft im Nahen Infrarot (NIR, Wellenlänge 0.7–5  $\mu\text{m}$ ) emittieren, war dagegen nicht sehr überraschend. Man wußte, daß diese kosmischen Objekte näherungsweise wie schwarze Körper strahlen, deren Spektrum nur durch ihre Oberflächentemperatur und das Plancksche Strahlungsgesetz bestimmt wird. Und so ließ sich leicht abschätzen, daß insbesondere relativ kalte Sterne mit ausgedehnten Atmosphären, aber auch die viel kälteren Planeten im Nahen und Mittleren Infrarot (MIR, Wellenlänge 5–30  $\mu\text{m}$ ) lohnende Beobachtungsobjekte sein würden.

Dennoch führten die Beobachtungen von Sternen im NIR zu unerwarteten Ergebnissen. Die bahnbrechenden Arbeiten des amerikanischen Astronomen Robert Trumpler hatten gezeigt, daß der Raum zwischen den Sternen mit kleinsten Staubteilchen ausgefüllt ist, die optisches Licht sehr effizient streuen und absorbieren. Dieser kombinierte Effekt wird in der Astronomie als Staubextinktion bezeichnet. Sie beschränkt optische Beobachtungen in unserer Milchstraße auf Entfernungen von einigen 1.000 Lichtjahren. Da die Staubextinktion mit zunehmender Wellenlänge aber sehr rasch abnimmt, ist ihre Wirkung im Infraroten viel geringer. Es zeigte sich so, daß man im NIR bis in das Zentrum der Milchstraße sehen kann – ein Anblick, der dem optischen Astronomen auf immer verschlossen sein wird.

Als ebenso wichtig sollte sich eine andere Konsequenz der Staubabsorption erweisen, auf die Hank van de Hulst schon 1942 in seiner – allerdings erst 1946 publizierten – Doktorarbeit hingewiesen hatte. Staubteilchen absorbieren Sternlicht sehr effizient und



werden dadurch aufgeheizt. Die mittlere Strahlungsdichte des „verdünnten“ Sternlichts entspricht der einer Planckschen Strahlung von drei Kelvin. Da aber Staubeilchen im optischen Bereich viel effizienter absorbieren als sie im langwelligen Bereich emittieren können, müssen sie sich auf höhere Temperaturen um etwa 20 K erwärmen, um das absorbierte Sternlicht wieder abstrahlen zu können. Dort, wo Staub von der Sternstrahlung weitgehend abgeschirmt ist, z. B. im Inneren riesiger Molekülwolken, ist die Staubtemperatur noch wesentlich niedriger. Die Strahlung des kalten Staubs, deren Bedeutung für die Diagnostik des physikalischen Zustands dichter Wolkenkerne erst in den letzten Jahren richtig erkannt wurde, läßt sich daher am besten im Fernen Infrarot (FIR, Wellenlänge 30–350  $\mu\text{m}$ ) beobachten. Nur in der unmittelbaren Umgebung massereicher und daher leuchtstarker Sterne steigen die Staubtemperaturen bis zu einigen hundert Kelvin. Dieser warme Staub läßt sich am besten im MIR beobachten.

Ebenso wie die Radiotechnologie im dm- und cm-Wellenlängenbereich, hatte auch die Technologie der Infrarot-Detektoren im Zweiten Weltkrieg einen enormen Auftrieb erfahren, hauptsächlich jedoch im Nahen und Mittleren Infrarot. Infrarot-Beobachtungen in diesen Wellenlängenbereichen wurden in den Nachkriegsjahren mit bodengestützten Teleskopen und kommerziell verfügbaren Detektoren aufgenommen. Dagegen ist die Erschließung des FIR-Bereichs fast ausschließlich das Verdienst des amerikanischen Physikers Frank Low. Er entwickelte in den 60er Jahren zunächst bei der Halbleiterfirma Texas Instruments und später am National Radio Astronomy Observatory (NRAO) in Green Bank, West Virginia, USA, das mit Gallium dotierte Germanium-Bolometer, das noch heute der Standard-Detektor im FIR-Bereich ist. Bei diesen Wellenlängen ist die Erdatmosphäre undurchlässig und Beobachtungen müssen von Raumplattformen oder Forschungsflugzeugen oberhalb der Troposphäre (die je nach Jahreszeit und geografischer Breite 10 bis 14 km hoch liegt) ausgeführt werden. Das Kuiper Airborne Observatory (KAO) – eine umgebaute vierstrahlige Düsen-Transportmaschine mit einem 90 cm-Teleskop an Bord – und der 1983 gestartete Infrared Astronomical Satellite (IRAS) der NASA – wenn auch mit Photoleitern anstatt der kältetechnisch wesentlich anspruchsvolleren Bolometer ausgerüstet – verhalfen der Infrarotastronomie zum endgültigen Durchbruch. IRAS entdeckte während seiner anderthalbjährigen Lebenszeit mehr als 250.000 IR-Quellen. Das KAO ist auch heute noch eines der erfolgreichsten raumgestützten Teleskope. Es soll in den nächsten Jahren durch einen leistungsfähigeren B 747-„Jumbo-Jet“ abgelöst werden. An diesem Projekt – SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) – will sich auch die Bundesrepublik mit ca. 20% der Kosten beteiligen.

## II. Was lehren uns Radio- und Infrarotastronomie

### 1. Sterne und interstellare Materie

Nach unserem derzeitigen Erkenntnisstand begann das Weltall vor 10 bis 15 Milliarden Jahren aus einem Zustand extrem hoher Dichte und Temperatur zu expandieren – ein Ereignis, das man als Urknall oder „Big Bang“ bezeichnet. Als Folge der Expansion kühlte sich das Weltall mit der Zeit stetig ab. Man versteht heute die physikalischen Vorgänge, die etwa eine Sekunde nach dem Urknall und später abliefen. Für eine annahmefreie Beschreibung der physikalisch außerordentlich wichtigen Vorgänge während der ersten Sekunde fehlt noch die Kenntnis der Physik bei extrem hohen Temperaturen und Dichten. Trotzdem ist das Gedankengebäude der heutigen Kosmologie nicht auf Sand gebaut. Während der ersten 300.000 Jahre seiner Entwicklung befand sich das Weltall im thermodynamischen Gleichgewicht – abgesehen von seiner Expansion sowie dem durch Temperaturabfall bedingten Ausfrieren der stabilen Elementarteilchen Baryonen (Kernbausteine) und Elektronen und einer geringfügigen Asymmetrie von Materie und Antimaterie. Erst wenn bei Temperaturen von einigen 1.000 K Atomkerne – zu diesem Zeitpunkt hauptsächlich Wasserstoff- und Heliumkerne – sich mit freien Elektronen zu Atomen vereinigen und als Folge davon Strahlung und Materie entkoppeln, beginnen diese ihr Eigenleben in dem expandierenden Weltall zu führen. Die als „primordial“ bezeichnete Strahlung, die nach einer weiteren Expansion des Weltalls von 10 bis 15 Milliarden Jahren nun auf 2,7 K über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt ist, wurde 1965 völlig unerwartet von den amerikanischen Radioastronomen Penzias und Wilson entdeckt. Der endgültige Nachweis, daß es sich wirklich um die primordiale Strahlung handelte, gelang erst zehn Jahre später mit einem auf einer Ballongondel stationierten Bolometer, das mit einem Fourierspektrometer kombiniert das gesamte Spektrum dieser kosmischen Hintergrundstrahlung vermaß. Es entspricht – innerhalb der sehr hohen Meßgenauigkeit – exakt dem Spektrum eines schwarzen Körpers von 2,7 K.

Das Photonengas der Hintergrundstrahlung erfüllt das Weltall zu jedem Zeitpunkt gleichmäßig. Dagegen verstärkten sich statistische Schwankungen der Materie, die schon vor der Entkopplung von Strahlung und Materie existiert haben mußten, nach der Entkopplung unter dem Einfluß der Schwerkraft immer mehr, bis einige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall die Protogalaxien – d. h. die Vorläufer unserer heutigen Galaxien – entstanden. Wie das genau verlief, ist noch Gegenstand kontrovers geführter Diskussionen. Die heute bevorzugte Hypothese ist, daß die Protogalaxien durch Zusammenballung kleinerer und größerer Materie-Kondensationen entstanden, die zusammen aber nur einige Prozent der Gesamt-Massedichte des Weltalls ausmachen. Der überwiegende Anteil der Massedichte wird in diesem Modell von nichtbaryonischer Materie – d. s. vermutlich noch gar nicht entdeckte exotische Elementarteilchen – beigetragen. Diese nicht-baryonische Masse wird häufig als „Dunkle Materie“ bezeichnet.

Wie immer es zu ihrer Entstehung kam, die Protogalaxien, also die Vorgänger unserer heutigen Sternsysteme, dürften etwa hundert Millionen Jahre nach Beginn der Expansion als rotierende Gaskugeln – im wesentlichen aus Wasserstoff und Helium beste-

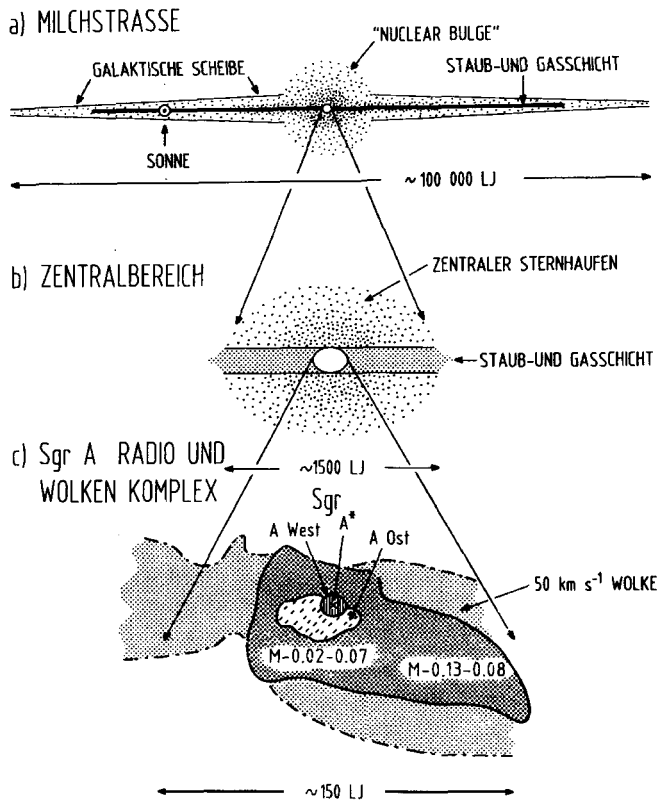


Abbildung 2

- a) Die Galaktische Scheibe von der Seite gesehen. Diese Scheibe ist in einen im Bild nicht gezeigten nahezu kugelförmigen Halo eingebettet, der etwa die gleiche Masse wie die galaktische Scheibe hat.
- b) Der Zentralbereich, der eine intensive Radio- und Infrarotstrahlung emittiert, hat einen Durchmesser von etwa 1.500 Lichtjahren.
- c) Der Radio- und Wolkenkomplex Sgr A hat einen Durchmesser von etwa 150 Lichtjahren. Er besteht aus der Synchrotronpunktquelle Sgr A\*, die das Zentrum bildet und in die H<sup>+</sup>-Region Sgr A West eingebettet ist. Östlich davon liegt die ausgedehnte Synchrotron-Radioquelle Sgr A Ost, die ihrerseits in eine kompakte Riesen-Molekülwolke eingebettet ist.

hend – ihren Entwicklungsweg begonnen haben. Als die Schwerkraft den inneren Druck der sich abkühlenden Gaskugeln überstieg, begannen diese zu kollabieren. Die Erhaltung des Drehimpulses erzwang dabei den Zusammensturz des Gases parallel zur Rotationsachse und führte dadurch fast zwangsläufig zu der scheibenförmigen Struktur der Spiralgalaxien (siehe Abb. 2a). Der Zusammensturz des Gases erfolgt aber auch auf viel kleineren Masseskalen und endet schließlich in der Bildung von Sternen, bei denen – wie im Kern unserer Sonne – die Verschmelzung von vier Wasserstoffkernen in einen He-

liumkern die Energie liefert, um Schwerkraft und inneren Druck im Gleichgewicht zu halten. Sterne bildeten sich aber schon, bevor aus der rotierenden Protogalaxie eine scheibenförmige Spiralgalaxie wurde. Diese Sterne der ersten Generation bilden den nahezu kugelförmigen (in der schematischen Darstellung Abb. 2a nicht gezeigten) Halo. Gegen das Zentrum der rotierenden Galaxie steigt die Sterndichte an. Das Zentrum des als „nuclear bulge“ bezeichneten Sternenwulsts bildet der in Abb. 2b gezeigte zentrale Sternhaufen. Die interstellare Materie, ein Gemisch aus Wasserstoff ( $\sim 70\%$ ), Helium (28%) und schwereren Elementen (2 %), die zum Teil als Staubeilchen auskondensiert sind, ist zu einer dünnen Scheibe zusammengepreßt.

Sterne sind also rotierende Plasmakugeln mit einem Fusionsreaktor im Zentrum. Die Plasmatemperatur fällt nach Außen stetig ab und erreicht an der Sternoberfläche – je nach Sternmasse – Werte zwischen 3.000 und 50.000 K. Mehr als 95 % des ursprünglichen Wasserstoff- und Heliumgases ist in unserer Milchstraße heute in Sterne mit Massen zwischen  $1/_{10}$  und hundert Sonnenmassen transformiert worden. Dabei haben die massereichen Sterne mit ihrem hohen Energieverbrauch eine kurze Lebenszeit von nur einigen Millionen Jahren. In ihren Spätstadien laufen noch weitere Kernreaktionen ab. Die äußeren Hüllen der so mit schwereren Elementen angereicherten Sterne werden vor dem Sterntod an die interstellare Materie zurückgegeben, die auf diese Weise bis heute mit massenmäßig einigen Prozent schwereren Elementen angereichert wurde.

## **2. Radioastronomie und optische Astronomie konkurrieren nicht, sondern ergänzen sich**

Was beobachtet nun der Radioastronom und was der optische Astronom? Eine prinzipielle Antwort darauf gibt das Plancksche Strahlungsgesetz, das besagt, daß ein schwarzer Körper mit der Temperatur  $T$  bei der Wellenlänge  $\lambda_{\max} = 5300/T$  mit maximaler Intensität strahlt. Setzt man hier die Oberflächentemperaturen von Sternen ein, dann ergibt sich, daß deren maximale Intensität zwischen  $1.3\ \mu\text{m}$  und  $0.1\ \mu\text{m}$  erreicht wird, also den gesamten Bereich des sichtbaren Lichts ( $\sim 0.3 \div 0.7\ \mu\text{m}$ ) und Teilbereiche des NIR und Ultravioletten einschließt. Die interstellare Materie dagegen, die aus Staub und Gas besteht, erreicht – abgesehen von der unmittelbaren Umgebung sehr heißer und massereicher Sterne – Temperaturen von nur einigen zehn K über dem absoluten Nullpunkt. Während der Staub, wie bereits erwähnt, eine Kontinuumsstrahlung emittiert, die sich näherungsweise durch das Plancksche Strahlungsspektrum darstellen läßt, emittiert das Gas Spektrallinien von Spurenmolekülen wie CO, CS,  $\text{NH}_3$  und  $\text{H}_2\text{CO}$ , deren Rotationspektren im mm- und submm-Bereich einsetzen. Das häufigste Molekül,  $\text{H}_2$ , hat selbst keine beobachtbaren Spektrallinien. Das „Kalte Weltall“ läßt sich daher nur im Ferninfrarot- und Millimeterwellenbereich untersuchen. Die niedrigste Gleichgewichtstemperatur im Weltall ist durch die 2.7-K-Hintergrundstrahlung bestimmt. Diese erreicht ihr Maximum bei der Wellenlänge 2 mm.

Man könnte so zu dem Schluß kommen, daß im Bereich der Radiowellen keine astrophysikalisch interessanten Objekte beobachtet werden könnten, hätte nicht Jansky 1932 die Existenz einer kosmischen Radiostrahlung im Kurzwellen-Radiobereich bei 14.5 m-

Wellenlänge entdeckt. In den Nachkriegsjahren zeigten dann die Beobachtungen im Wellenlängenbereich der „klassischen“ Radioastronomie – d. h. bei  $\lambda > 1$  cm – daß die Intensität dieser Radiostrahlung mit abnehmender Wellenlänge sehr stark abnimmt; ein Hinweis darauf, daß es sich hierbei nicht um die Strahlung schwarzer Körper handeln kann. Aber erst in den 50er Jahren wurde erkannt, daß diese Kontinuum-Radiostrahlung aus zwei Komponenten besteht, die beide von – im allgemeinen durchsichtigen – kosmischen Plasmen emittiert werden. Als Plasma bezeichnet man ganz allgemein ein ionisiertes Gas. In der Umgebung massereicher heißer Sterne ionisiert z. B. deren UV-Strahlung das Gas, dessen Plasmatemperatur dann bei etwa 10.000 K liegt. Die abgestrahlte Kontinuumstrahlung wird als Frei-Frei-Strahlung oder thermische Plasmastrahlung bezeichnet. Sie entsteht, wenn ein Elektron im Coulombfeld eines positiv geladenen Ions abgelenkt wird. Solche thermischen Plasmen strahlen auch im optischen Bereich und haben als Gasentladungsröhren eine wichtige Anwendung gefunden.

In nicht-thermischen oder „relativistischen“ Plasmen dagegen werden die Elektronen durch heute noch nicht voll verstandene Prozesse bis nahe an die Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Gelangen sie in ein Magnetfeld, dann werden diese relativistischen Elektronen auf Spiralbahnen abgelenkt und emittieren dabei eine „Synchrotronstrahlung“, deren Strahlungstemperatur Werte bis zu  $10^{12}$  K erreichen kann. Der Name rührt daher, daß diese Strahlung erstmals in Elektronenbeschleunigern, den sog. Synchrotronmaschinen, als bläuliches Licht entdeckt wurde. Solche Synchrotron-Strahlungsquellen spielen heute als Ultraviolett- und Röntgenquellen in der experimentellen Laborphysik aber auch in der medizinischen und technologischen Anwendung eine wichtige Rolle.

### III. Die Entwicklung der modernen Radioastronomie

Zwei Ziele bestimmten die Entwicklung der modernen Radioastronomie: Die Verbesserung des Winkelauflösungsvermögens und die Ausdehnung des Beobachtungsbereichs hin zu immer kürzeren Wellenlängen.

#### 1. Radiointerferometrie

Als Winkelauflösungsvermögen bezeichnet man den kleinsten Winkelabstand, in dem zwei Punktquellen am Himmel gerade noch als zwei getrennte Quellen beobachtet werden können. Es wird durch das Verhältnis von Wellenlänge zum Reflektordurchmesser bestimmt. Das 100 m-Teleskop in Effelsberg (Abb. 1) z. B. hat bei 1 cm-Wellenlänge ein Auflösungsvermögen von etwa 1 Bogenminute. Das menschliche Auge hat trotz seines Linsendurchmessers von nur wenigen Millimetern wegen der 10.000 mal kleineren Wellenlänge dasselbe Winkelauflösungsvermögen. Das Auflösungsvermögen der größten optischen Teleskope liegt – bedingt durch die Turbulenz der Erdatmosphäre – bei einigen zehntel Bogensekunden.

Die Radioastronomie schien so gegenüber der optischen Astronomie hoffnungslos benachteiligt zu sein. Denn bei den noch viel längeren Wellenlängen und kleineren Ra-

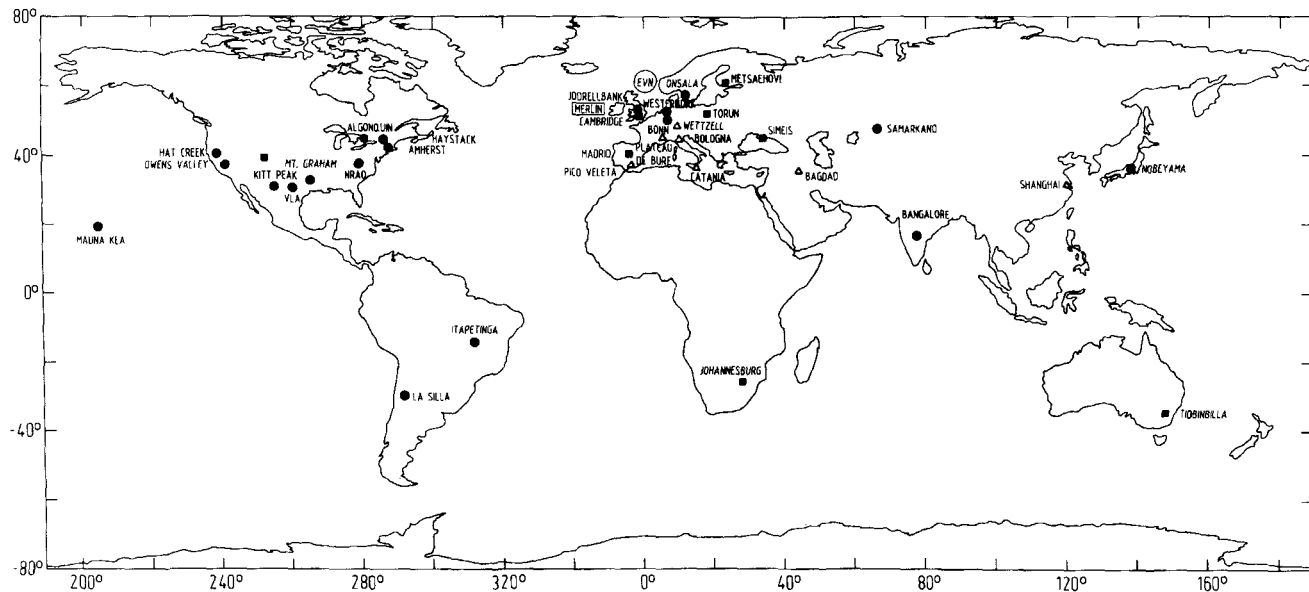


Abbildung 3:

*Schematische Darstellung der Radioteleskope, die das Netzwerk „Interferometrie mit interkontinentalen Basislängen“ bilden.*

*Diese Teleskope werden überwiegend als Einzelteleskope betrieben.*

*Der zeitweise Zusammenschluß zu einem Array stellt einen der bemerkenswertesten Erfolge wissenschaftlicher Selbstorganisation dar.*

dioteleskopen der Gründerjahre waren Winkelauflösungsvermögen im Bogengradbereich die Norm. Doch die Einführung des Interferometrieprinzips veränderte diese Situation – erst in kleinen Schritten, dann in dramatischer Weise. Zwei Antennen, im Abstand  $d$  Meter voneinander platziert, die dieselbe Radioquelle beobachten und in geeigneter Weise zusammengeschaltet sind, ergeben im Prinzip dieselbe Information über die Größe einer Radioquelle wie ein einzelnes Radioteleskop mit dem Reflektordurchmesser  $D = d$  Meter. Die konsequente Anwendung dieses Prinzips führte zur Entwicklung der Array-Teleskope mit Winkelauflösungsvermögen von einigen zehntel Bogensekunden und schließlich zur transkontinentalen Interferometrie, wo Radioteleskope in verschiedenen Kontinenten zu einem Array-Teleskop zusammengeschaltet werden. Abbildung 3 zeigt ein schematisches Bild des Very Long Baseline Interferometry-(VLBI)-Netzwerkes. Das Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn spielt in diesem Netzwerk eine zentrale Rolle und betreibt zudem das europäische Auswertezentrum für VLBI-Beobachtungen. Mit diesem Interferometrie-Verfahren werden heute Winkelauflösungsvermögen von weniger als einer tausendstel Bogensekunde erreicht. Der beobachtenden Radioastronomie werden dadurch Phänomene zugänglich, die optischen Beobachtungen für immer verschlossen bleiben werden.

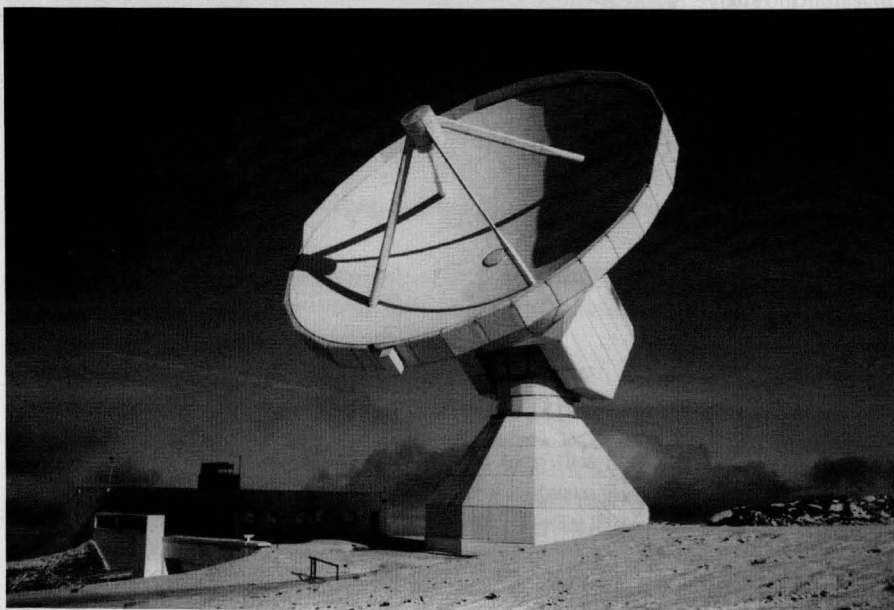


Abbildung 4:

*Das vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie mit dem Firmenkonsortium Krupp/MAN auf dem Pico Veleta in der südspanischen Sierra Nevada erbaute 30 m-Teleskop ist das zur Zeit leistungsstärkste Instrument im Bereich um 1 Millimeter-Wellenlänge. Es wurde von der VW-Stiftung finanziell gefördert und wird von dem deutsch-französisch-spanischen Institut für Radioastronomie im Millimeterbereich (IRAM) betrieben.*

## 2. mm/submm-Teleskope

Der Ausdehnung radioastronomischer Beobachtungen hin zu den kürzeren Wellenlängen des submm- und FIR-Bereichs stehen zwei Hindernisse entgegen: Die Durchlässigkeit der Erdatmosphäre nimmt im Millimeterbereich immer stärker ab; unterhalb von 0.35 mm-Wellenlänge ist die Atmosphäre undurchlässig und Beobachtungen sind nurmehr von Raumplattformen – hochfliegenden Forschungsflugzeugen, Ballonen und Satelliten – oberhalb der Troposphäre aus möglich. Doch schon in den „Fenstern“ der längeren Wellenlängen im mm-Bereich wird die Durchlässigkeit durch den Wasserdampfgehalt der Erdatmosphäre bestimmt, weshalb mm/submm-Teleskope in Höhen zwischen 3–4.000 Meter stationiert werden. Außerdem darf die Oberfläche des Parabolreflektors nur weniger als  $\frac{1}{20}$  der Wellenlänge von einer Parabolform abweichen. Das erfordert z. B. für ein Teleskop, mit dem bei 1 mm-Wellenlänge beobachtet werden soll, eine Reflektorgenauigkeit von 50  $\mu\text{m}$ .

Abbildung 4 zeigt eines der leistungsstärksten Radioteleskope für Beobachtungen im mm-Bereich mit einem Reflektordurchmesser von 30 Metern. Es wurde mit Mitteln der VW-Stiftung gefördert und von einer Projektgruppe, bestehend aus dem Firmenkonsortium Krupp und MAN, zusammen mit dem MPIfR entwickelt und Anfang der 80er Jahre auf der Schulter des Pico Veleta in der spanischen Sierra Nevada in knapp 3.000 m Höhe errichtet. Es wird heute von dem deutsch-französisch-spanischen Institut für Radioastronomie im mm-Bereich (IRAM) als internationale Kooperation betrieben. Abbildung 5 zeigt ein noch genaueres Teleskop von 10 m-Durchmesser, das von derselben Projektgruppe entwickelt und Anfang der 90er Jahre auf dem 3.200 m hohen Mt. Graham im US-Bundesstaat Arizona errichtet wurde und gemeinsam mit der Universität von Arizona betrieben werden wird. Der Bau dieses Teleskops, bei dem erstmals konsequent der Verbundwerkstoff kohlefaserverstärkter Kunststoff eingesetzt wurde, wurde von der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung finanziell gefördert. Es soll den gesamten submm-Bereich für die Radioastronomie erschließen.

Für noch kürzere Wellenlängen müssen, wie bereits erwähnt, Teleskope auf hochfliegenden Flugzeugen und auf Satelliten eingesetzt werden. Auch hier ist die Astronomie der BRD über die Raumfahrtagenturen ESA und NASA stark engagiert. Doch die Kosten von Satellitenexperimenten sind sehr hoch und die derzeitige Finanzlage in den europäischen Ländern ebenso wie in den USA verzögert die Realisierung der meisten geplanten Projekte immer weiter.



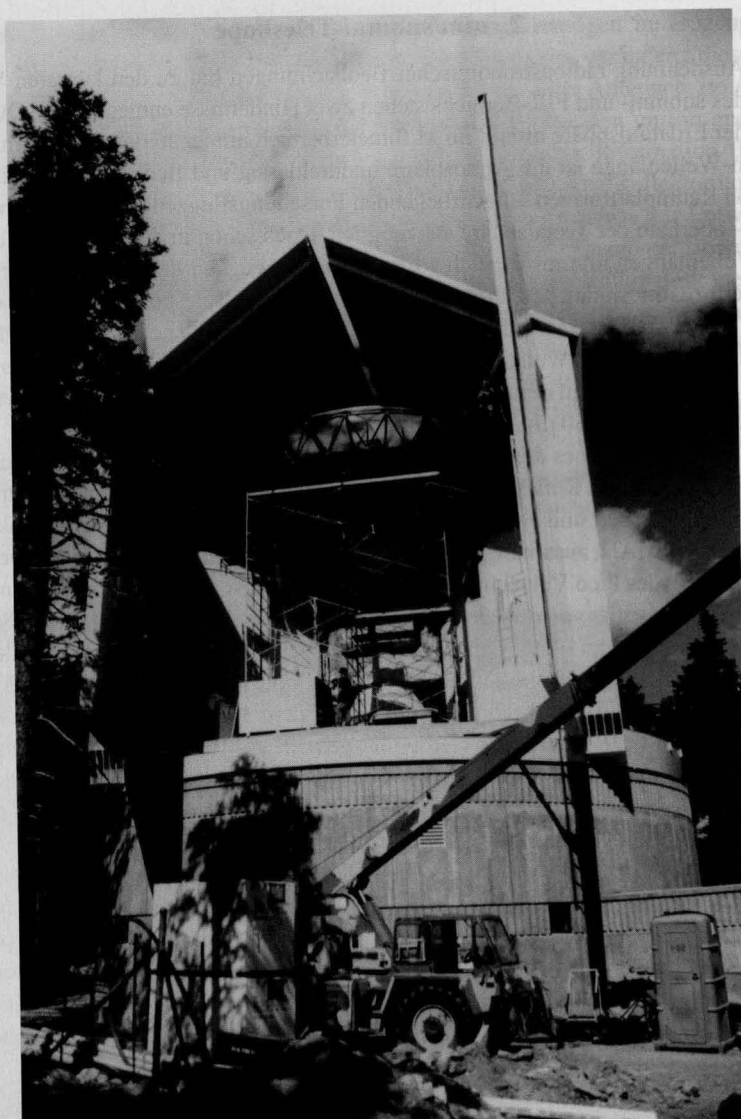


Abbildung 5:

Das vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie mit dem Firmenkonsortium Krupp/MAN auf dem Mt. Graham im US-Bundesstaat Arizona erbaute 10 m-Teleskop soll nach seiner Inbetriebnahme durch MPIfR und das Steward Observatorium der Universität von Arizona das leistungsfähigste Teleskop im submm-Bereich werden. Die Aufnahme zeigt das Teleskop während der Montage im Sommer 1993. Man erkennt das Fachwerk der Reflektor-Tragekonstruktion mit den aufgelegten Paneelen, deren Oberfläche den Parabolreflektor bilden. Fachwerk und Panele sind aus kohlefaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Die metallisierte Reflektoroberfläche wird durch einen bei schlechtem Wetter verschließbaren Astrodom geschützt. Im Bild erkennt man die aufklappbaren Dachflügel.

#### IV. Blick in das Zentrum der Milchstraße

Die schematische Darstellung unserer Milchstraße (Abb. 2a) illustriert auch die Schwierigkeit der Erforschung ihrer Struktur von unserem Beobachtungsstandort aus. Der Durchmesser der Milchstraße beträgt etwa 100.000 Lichtjahre, die Sonne ist weit vom Zentrum aber mitten in der dünnen Schicht aus Staub und Gas positioniert. Die Extinktion des Staubs beschränkt optische Beobachtungen in der Milchstraßenebene auf einen Umkreis von wenigen tausend Lichtjahren. Die Erforschung der großräumigen Struktur unseres Sternsystems wird deshalb hauptsächlich mit den Methoden der Radio- und Infrarotastronomie betrieben.

Den Zentralbereichen von Galaxien gilt in jüngster Zeit das besondere Interesse der Astronomen. Aktive Galaxien, die einige Prozent aller Galaxien ausmachen, erzeugen in ihren Zentren – auf Raumskalen von weniger als einem Lichtjahr Durchmesser – Energien, die die Gesamtleuchtkraft der Rest-Galaxie weit übertreffen können. Als „Energieerzeugungsmaschine“ vermutet man ein massereiches Schwarzes Loch, das von einer rotierenden Akkretionsscheibe mit Materie „gefüttert“ wird. Die dabei freigesetzte Gravitationsenergie wird so effizient in Strahlung umgesetzt, daß bis zu 30% der von dem Schwarzen Loch verschluckten Materie in Energie umgewandelt wird. Eine der aktuellsten astrophysikalischen Fragen ist, ob möglicherweise alle Galaxien in ihren Zentren massereiche Schwarze Löcher haben, aber der Grad der Aktivität einer speziellen Galaxie davon abhängt, wie effizient ihr zentrales Schwarzes Loch mit Materie gefüttert wird.

Unsere Milchstraße hat mit Sicherheit keinen aktiven Kern. Radio- und Infrarotbeobachtungen zeigen eine komplexe Struktur der innersten 150 Lichtjahre (Abb. 2c). Die Dichte der Sterne und der interstellaren Materie erreicht dort extrem hohe Werte und im unmittelbaren Zentralbereich finden sich relativistische (in der Abb. als Sgr A Ost bezeichnet) und thermische (Sgr A West) Plasmen, die durch ihre Radiospektren identifiziert wurden. Die mit Hilfe von Spektrallinien und deren Dopplerverschiebung erforschte Dynamik des ionisierten und neutralen Gases im Zentralbereich zeigt, daß sich an der mit Sgr A\* bezeichneten Position ein kompaktes Objekt von etwa zwei Millionen Sonnenmassen befindet.

Dieses Beobachtungsergebnis löste eine Suche aus. Die Radioquelle Sgr A\*, 1975 mit der Methode der transkontinentalen Interferometrie (VLBI) entdeckt und als kompakte Synchrotron-Radioquelle identifiziert, erwies sich als der beste Kandidat für ein Schwarzes Loch im Zentrum unserer Milchstraße. Die Anzeichen mehrten sich, daß es sich hierbei um ein „hungerndes“ Schwarzes Loch handelt, das mit viel zu wenig Materie gefüttert wird, um seine maximal mögliche Leuchtkraft von etwas mehr als zehn Milliarden Sonnenleuchtkräften zu erreichen. Die Untersuchung der Radioquelle stagnierte dann für Jahre weil es sich herausstellte, daß die VLBI-Beobachtungen nicht die wahre Struktur zeigten, sondern ein durch Elektronenstreuung verzerrtes Bild. Die Erforschung von Sgr A\* entwickelte erst wieder neue Dynamik, als die Beobachtungen in den mm- und submm-Bereich vorstießen. So wurde es in den letzten Jahren u. a. dank einer großzügigen Projektförderung durch die VW-Stiftung möglich, VLBI-Beobachtungen in den

mm-Wellenlängenbereich auszudehnen. Das damit erreichte Winkelauflösungsvermögen von einigen zehntausendstel Winkelsekunden, zusammen mit einem Streueffekt an freien Elektronen, der mit dem Quadrat der Wellenlänge abnimmt, machen es nun erstmals möglich, die physikalischen Vorgänge in der unmittelbaren Umgebung eines Schwarzen Lochs zu erforschen.

*Die Abbildungen wurden – mit freundlicher Genehmigung der Deutschen Verlagsanstalt – dem Buch „Blick in das kalte Weltall“ entnommen.*

---

Peter G. Mezger  
Max-Planck-Institut für Radioastronomie  
Auf dem Hügel 69 · 53121 Bonn

HANS ELSÄSSER

## Infrarote Galaxien\*

Die Astronomie hat in jüngster Zeit viel Neues über die Entstehung der Sterne gelernt. Wie und wo sich Sterne bilden, ist heute eine der Beobachtung zugängliche Thematik: Innerhalb unseres eigenen Milchstraßensystems sind jetzt eine ganze Reihe von Regionen identifiziert, in denen gegenwärtig Sterne in der Entstehung begriffen oder vor kurzem entstanden sind. Dies ist neuen, der modernen Technologie erwachsenen Meßmethoden zu verdanken, die der Astronomie das Infrarote und den daran anschließenden Bereich der kürzesten Radiowellen erschlossen haben.

Die Geburt von Sternen beginnt im interstellaren Raum bei sehr tiefen Temperaturen, in Wolken aus molekularem Gas und kleinen Staubeilchen. Strahlung dieses frühen Stadiums kommt deshalb im Infraroten zum Vorschein. Und auch in etwas späteren Phasen des neuen Sterns macht sich dieser vorwiegend als infrarote Quelle bemerkbar, da er noch immer in einer kalten Staubhülle steckt, die seine Strahlung absorbiert und zu längeren Wellen umsetzt. Der Millimeterbereich dagegen ist für die Beobachtung der ausgedehnten Molekülwolken, der Brutstätten neuer Sterne, von Bedeutung. Herr Mezger hat in seinem Vortrag näheres dazu ausgeführt.

Die Entdeckung von Galaxien mit stark überhöhter Strahlung im Infraroten weckte vor wenigen Jahren die Hoffnung, anhand dieser Objekte auch Einblick in die frühe Entwicklung der großen Sternsysteme, ähnlich dem Milchstraßensystem, zu erhalten; das hat sich jedoch bisher nur unvollkommen bestätigt. Dagegen kamen so bis dahin unbekannte Phänomene zutage, von denen jetzt zunächst die Rede sein soll.

## Wechselwirkende Systeme und „Starbursts“

Auf infrarote Galaxien (Abb. 1) ist man vor allem durch die Messungen des 1983 gestarteten Satelliten IRAS (Infrared Astronomy Satellite) aufmerksam geworden. Mit ihm war es zum ersten Mal möglich, den ganzen Himmel nach Quellen langwelliger Infrarotstrahlung (bis 100  $\mu\text{m}$ ) zu durchmustern, also in einem Bereich von Wellenlängen, für den die Atmosphäre ein undurchdringliches Hindernis darstellt und der deshalb vom Erdboden aus nicht zu fassen ist.

Der IRAS hat viele Tausende vorher unbekannter Quellen entdeckt, nicht zuletzt in Himmelszonen nahe der Milchstraßenpole, in einer für die Beobachtung extragalaktischer Objekte besonders günstigen Blickrichtung. In vielen Fällen blieb jedoch die Natur der gefundenen Quellen vorerst unklar, weil es an optischen Identifikationen fehlte und selbst im Palomar Sky Survey, einem bis zu recht schwachen Helligkeiten reichenden photographischen Himmelsatlas, vielfach kaum oder gar keine Spuren zu sehen sind.

---

\* Vortrag vor der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 11. Juni 1993.

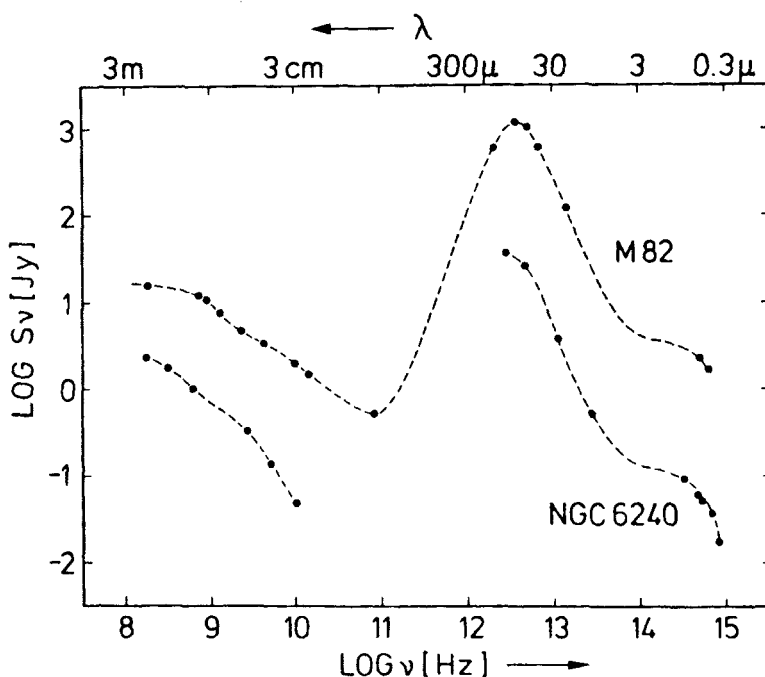


Abb. 1:

Spektrale Energieverteilung  $S$  in Abhängigkeit von der Frequenz  $\nu$  bzw. Wellenlänge  $\lambda$  von zwei Infrarotgalaxien. Sichtbarer Teil des Spektrums am rechten Ende, Radiobereich links. Siehe auch

Die vom IRAS stammenden Informationen betreffen die Helligkeit der gefundenen Quellen und ihre mit bestimmten Fehlern behaftete Position am Himmel. Seine „Sehschärfe“ reichte dagegen nicht aus, Einzelheiten ihrer Struktur zu erkennen, so daß Aussagen über die Natur der Objekte zusätzliche Beobachtungen verlangten.

Programme dieser Art waren und sind an mehreren Observatorien im Gange, auch auf dem Calar Alto, der Sternwarte des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Südspanien. So hat U. Klaas, einer meiner Doktoranden, mit dem dortigen 3,5 m-Teleskop an einer Reihe der vom IRAS ermittelten Positionen langbelichtete CCD-Bilder aufgenommen. (CCD = Charge-Coupled Device, ein Halbleiterdetektor hoher Quantenausbeute, der die Beobachtungstechnik im Optischen revolutioniert hat.) Das geschah zwar bei merklich kürzeren Wellenlängen als denen der IRAS-Durchmusterung, brachte aber eine weit bessere räumliche Auflösung, und viele der Objekte waren dank der hohen Empfindlichkeit der Kombination „Teleskop + CCD“ in der Tat im Sichtbaren zu identifizieren. Außerdem hat sich die Hoffnung, in der Nähe des nördlichen Milchstraßenpols viele extragalaktische Quellen zu finden, erfüllt. Die eigentliche Überraschung war jedoch der hohe Anteil an gestörten und offensichtlich wechselwirkenden Systemen.

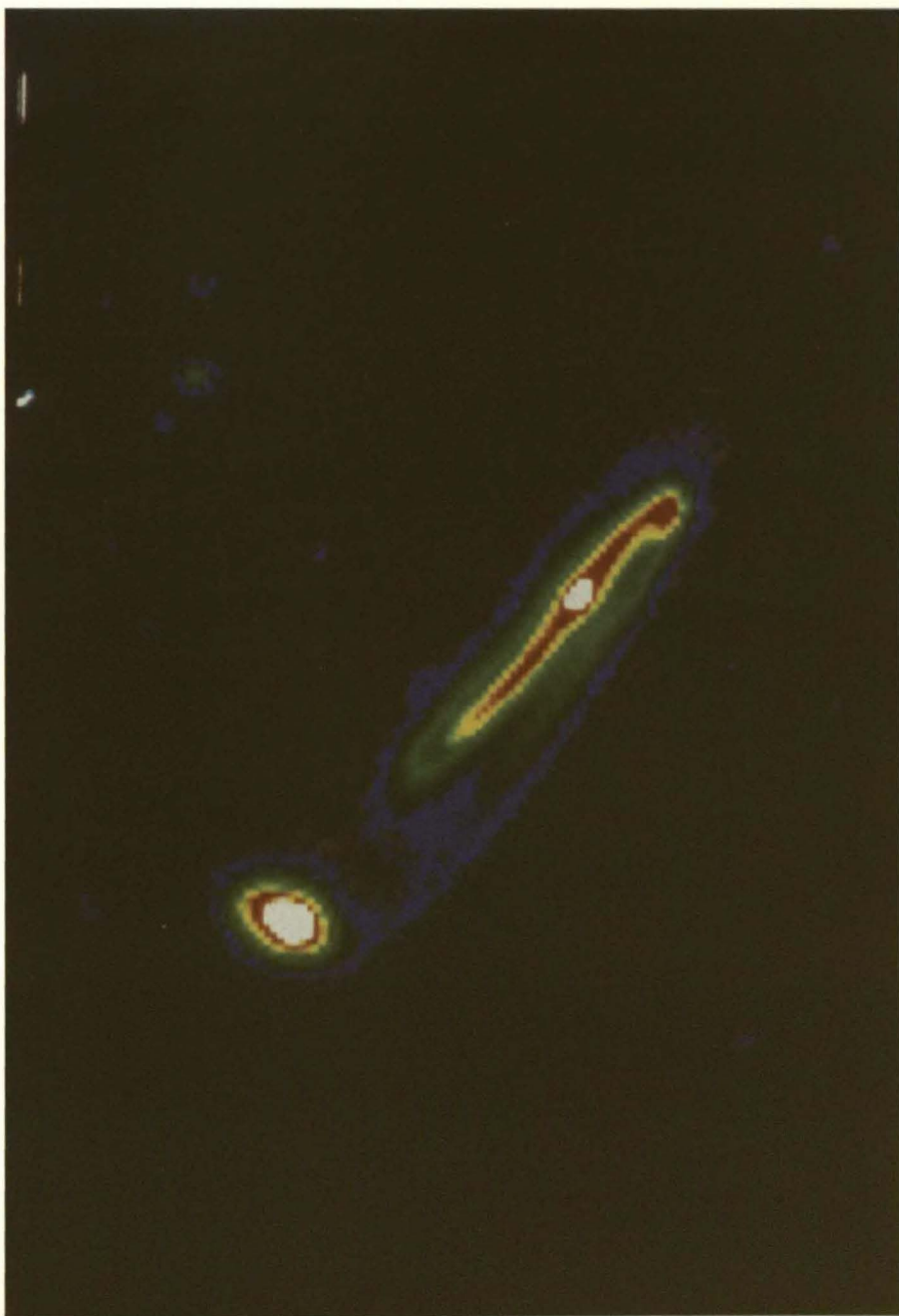


Abb. 2:  
Galaxienpaar in Wechselwirkung an der Position der IRAS-Quelle 01270 + 3101 nach einer  
CCD-Aufnahme mit dem 3,5 m-Teleskop der Calar Alto Sternwarte (Falschfarbenbild).

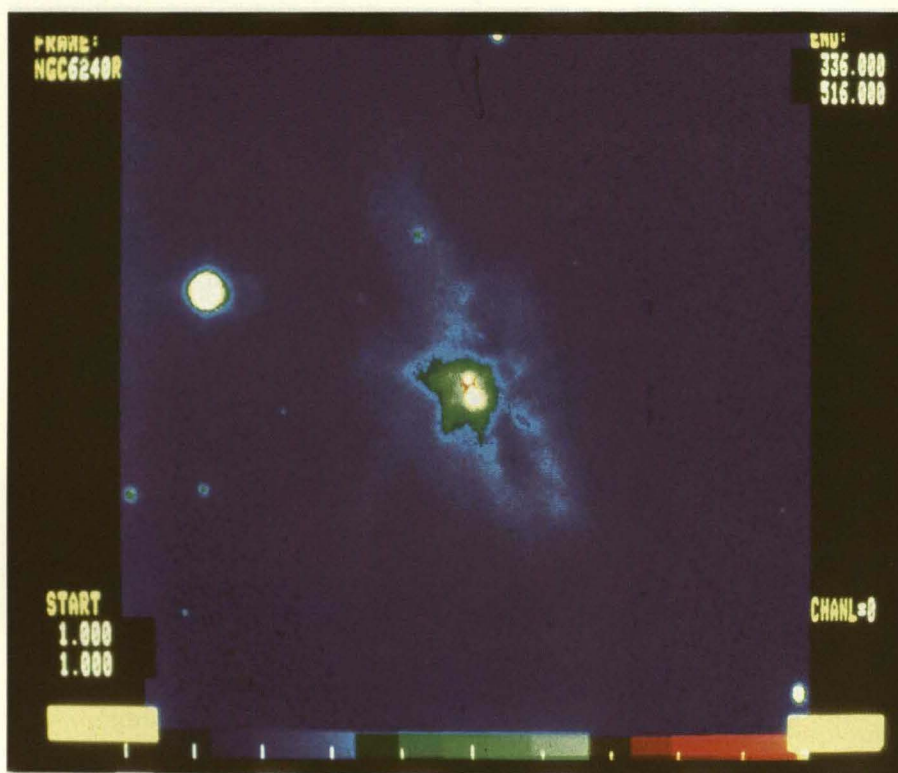


Abb. 3:

NGC 6240 mit zwei Kernen, allem Anschein nach zwei Spiralgalaxien in Kollision, nach einer CCD-Aufnahme mit dem 2,2 m-Teleskop der Calar Alto Sternwarte (Falschfarbenbild).



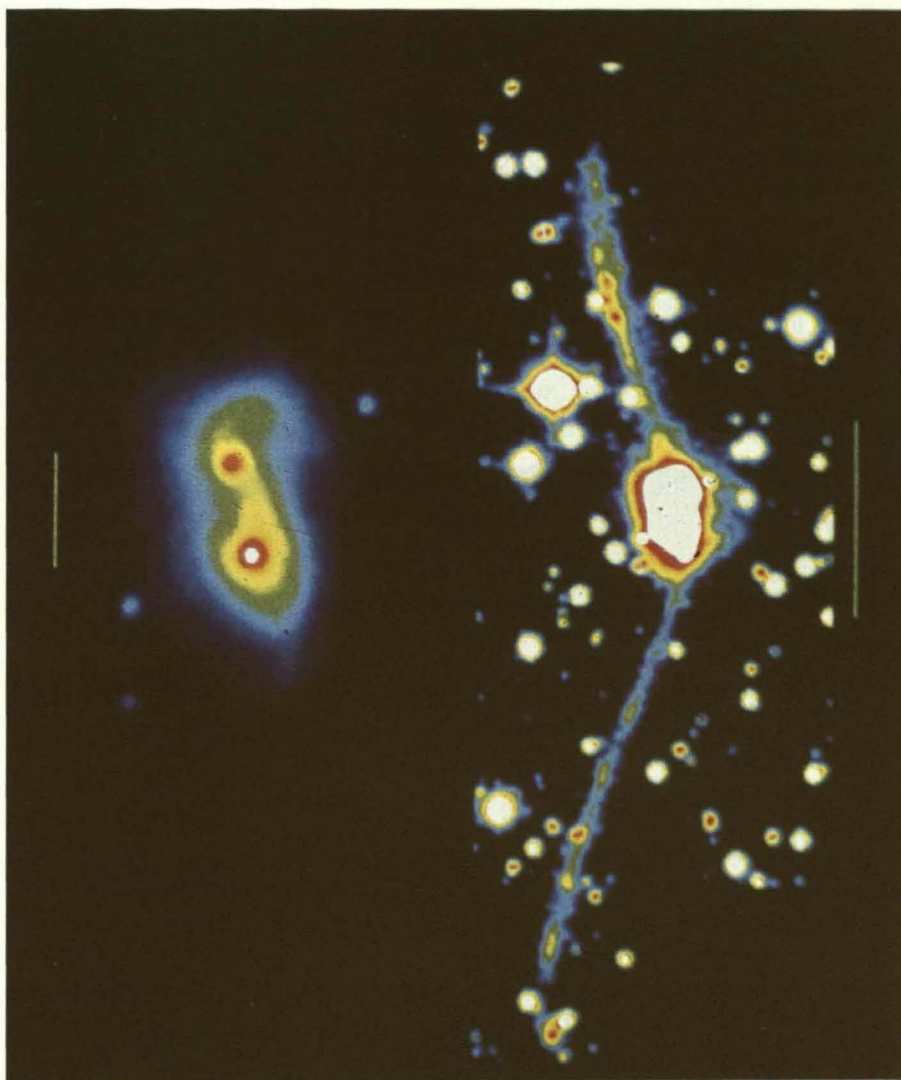
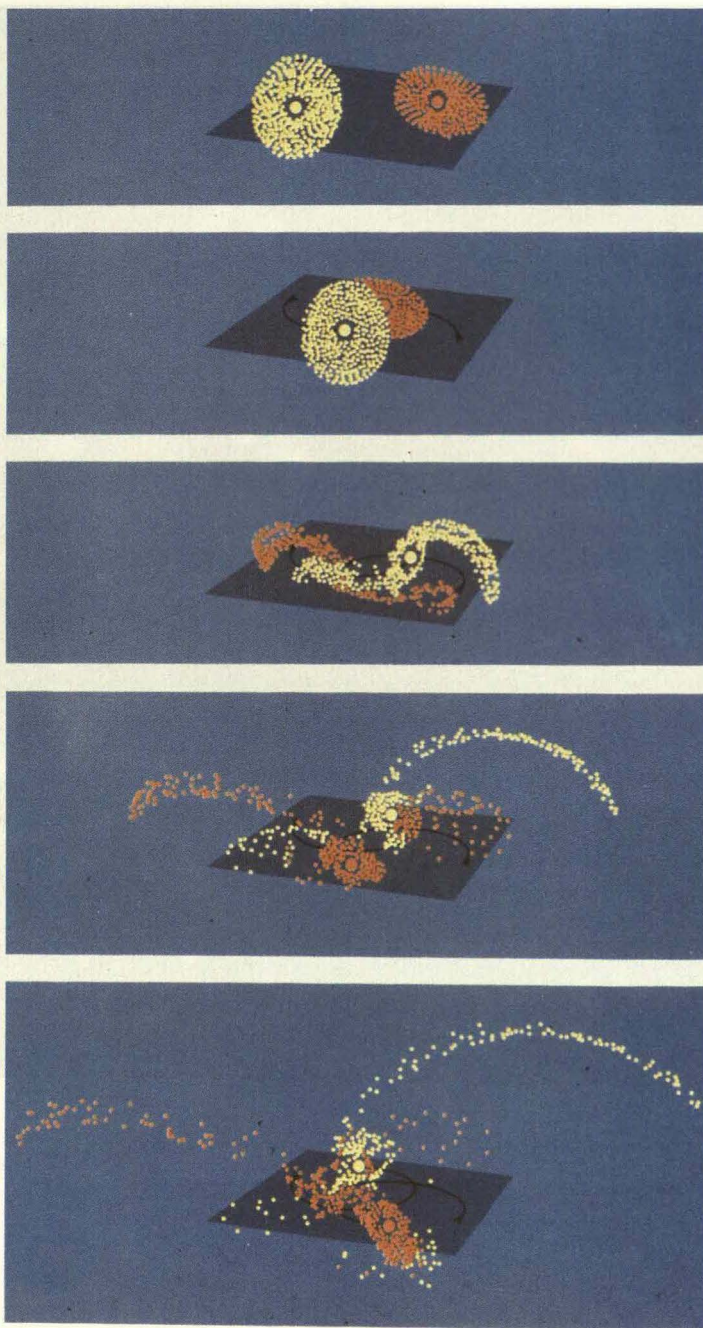


Abb. 4:

Die „Superantenne“ (IRAS-Quelle 19254–7245) nach einer CCD-Aufnahme mit dem 2,2 m-Teleskop der La Silla Sternwarte. Rechts der herausvergrößerte Zentralbereich mit den zwei Kernen der verschmelzenden Galaxien (Falschfarbenbild).





Die Galaxien sind nicht gleichmäßig im Raum verteilt, sondern gehören in der Regel einem übergeordneten Verband, einer kleinen Gruppe oder einem mitgliederstarken Haufen an. Innerhalb dieser Nester laufen sie mit Geschwindigkeiten zwischen 100 und 1000 km/sek um den gemeinsamen Schwerpunkt, einem Mückenschwarm ähnlich umschwirren sie dieses Zentrum in ungeordneter Bewegung. Dabei ändern sich ihre gegenseitigen Abstände, es kommt zu nahen Vorbeiflügen oder gar zur Kollision zweier Systeme. Bereits bei einer Begegnung auf Distanz führt die gegenseitige Schwereanziehung zu Deformationen des regulären Aufbaus, die in Verbiegungen der Galaxienkörper, in herausgezerrten Schwänzen oder in Lichtbrücken zwischen den korrespondierenden Partnern ihren Ausdruck finden. Nahe Passagen oder der direkte Zusammenstoß können auch in einer Verschmelzung der beiden Partner enden: Aus zweien wird dann *ein* größeres massereicherer System.

Diese Phänomene sind in den letzten Jahren mit zum Teil sehr aufwendigen Rechnungen auf Computern simuliert worden. Wie schon einfache Überlegungen zeigen, verhalten sich die Sterne dabei grundsätzlich anders als das interstellare Medium. Ihre gegenseitigen Abstände sind so groß, daß sie selbst bei einer Galaxienkollision in aller Regel aneinander vorbeifliegen. Sie unterliegen nur dem sich verändernden Schwerfeld, das aber ihre Bahnen merklich modifizieren und den Aufbau der betroffenen Systeme völlig umkrempeln kann. In allen diesen Fällen wächst die Energie der inneren Bewegungen auf Kosten der Bahnenergie beider Galaxien. Ähnliches gilt für den Drehimpuls: Insbesondere die lang ausgezogenen Schwänze entnehmen den ursprünglichen Bewegungen viel Drehimpuls.

Die interstellare Materie spürt natürlich auch die Variation des Schwerfeldes, wegen der relativ geringen freien Weglänge im diffusen Medium – im Vergleich zu den Sternen – kommen aber komplexe gasdynamische Effekte dazu. Für unsere Thematik ist vor allem interessant, daß durch die gravitative Störung, diesen Eingriff von außen, interstellare Wolken offenbar in den Schwerekollaps gekippt werden können mit der Folge weiträumiger Sternbildung, einem „burst of star formation“, kurz „starburst“. Dafür sprechen auch die Emissionslinienspektren der Galaxien und die für Sternentstehungsgebiete typischen Regionen ionisierten Wasserstoffs (HII). Man findet hier in großem Maßstab, was eingangs kurz zur Entstehung einzelner Sterne angedeutet wurde.

Die Abbildungen 2–4 und 6 enthalten einige Beispiele solcher infraroter Galaxien. Das längliche System in Abb. 2 erinnert an eine Spiralgalaxie, die wir gerade von der Seite sehen. Ihre Hauptebene ist aber deutlich verbogen. Auch der helle Knoten am oberen Ende, eine riesige HII-Region, ist abnormal. Der (grüne) Ausläufer mündet in eine

#### ▯ Abb. 5

*Rechnersimulation von A. und J. Toomre für ein dem in Abbildung 4 ähnliches „Antennensystem“. Jede der beiden Galaxien ist durch 350 Massenpunkte repräsentiert. Die beiden Systeme sind um 60° gegeneinander geneigt. Die Bilder zeigen von oben nach unten eine Folge verschiedener Entwicklungsstufen während der durch Pfeile angedeuteten Bewegung; im untersten sieht man die entstandene Struktur 750 Millionen Jahre nach der engsten Annäherung.*

Brücke zu der rundlichen Galaxie im unteren Teil und dürfte von der Schwerkraft der letzteren herausgezogen worden sein. Beide Systeme sind von einem gemeinsamen Lichthof umgeben und tauschen offenbar Materie aus. Daß sie von uns gleich weit, etwa 1 Milliarde Lichtjahre, entfernt sind und nicht zufällig durch Projektion als Doppelsystem erscheinen, geht aus ihren identischen, durch die kosmische Expansion bedingten Radialgeschwindigkeiten hervor.

Das in seiner chaotischen Form ganz ungewöhnliche Objekt NGC 6240 (Abb. 3) dürfte uns den Zusammenstoß zweier Galaxien vorführen. Es ist ebenfalls eine intensive Infrarot- und Radioquelle (vgl. Abb. 1). Ihr Zentrum besteht aus zwei 1.8 Bogensekunden voneinander getrennten Kernen. Diese sind in eine ausgedehnte Region heißen, hochturbulenten Gases eingebettet. Ein Spektrum des Kernpaares zeigt um 150 km/sek differierende Radialgeschwindigkeiten der beiden hellen Knoten. Alles spricht dafür, daß wir hier zwei ursprünglich getrennte Spiralgalaxien in einer sehen: die gravitativ verformten und ineinander verschlungenen Arme, wie die relativ zueinander bewegten Kernpartien. Diesen Fall simulierende Modellrechnungen legen nahe, daß innerhalb einer weiteren Million Jahre die völlige Verschmelzung der Kerne zu erwarten ist, und in einigen 100 Millionen Jahren, nach dem völligen Abbau der Bahnenergie der kollidierenden Partner, diesem Chaos eine normale Galaxie entwachsen sein wird.

Ein weiteres, wahrhaft spektakuläres Beispiel ist die in Abb. 4 gezeigte „Superantenne“ des südlichen Himmels, die neuerdings von D. Lutz, einem anderen unserer Doktoranden, untersucht wurde. Es handelt sich ebenfalls um einen „merger“, ein verschmelzendes Galaxienpaar. Die beidseitigen dünnen Schwänze, sie erstrecken sich insgesamt über 1 Million Lichtjahre, enthalten eine ganze Reihe auffälliger HII-Knoten, in denen junge heiße Sterne stehen. Das überbelichtete Zentrum ist im rechten Teil der Abbildung mit höherliegenden Helligkeitskonturen herausvergrößert; hier kommen die zwei noch deutlich getrennten Kerne zum Vorschein. Das System ist reich an interstellarem Gas und Staub, mehr als 80 Prozent der intensiven Infrarotstrahlung stammen aus dem Kernbereich. Die langen Ausläufer, die in ähnlicher Art von einem Objekt des Nordhimmels bekannt sind, resultieren aus den gegenseitig ausgeübten Gezeitenkräften der beiden Stoßpartner und lassen sich in einer Simulationsrechnung, mit bestimmten Annahmen über die Bahnen und Orientierungen der aufeinanderzulaufenden Galaxien, nachbilden (Abb. 5).

Die ebenfalls mit einer IRAS-Quelle identische Galaxie im Zentrum von Abb. 6 zeigt neben ihrem auffallend dünnen, knotigen Schwanz starke Abweichungen von jeglicher Symmetrie, auch in den inneren Teilen. Wir vermuten, daß auch dieses ungewöhnlich große Objekt aus der Verschmelzung zweier ursprünglich getrennten Systeme hervorgegangen ist. Es ist deshalb besonders interessant, weil seine Leuchtkraft mit mehr als  $10^{12}$  Sonnenleuchtkräften an die der absolut hellsten Galaxien, die man heute kennt, an die Quasare heranreicht. Und es stellt sich deshalb die Frage, ob wir hier das Vorstadium eines Quasars sehen, für den sich der typische überhelle Kern, der dann in großer Entfernung als quasistellarer Lichtpunkt erscheint, erst noch herausbilden wird.

Die gesteigerte Abstrahlung dieser Systeme im Infraroten ist eine Folge der lawinenartig verstärkten Umsetzung von diffuser interstellarer Materie in Sterne, ausgelöst

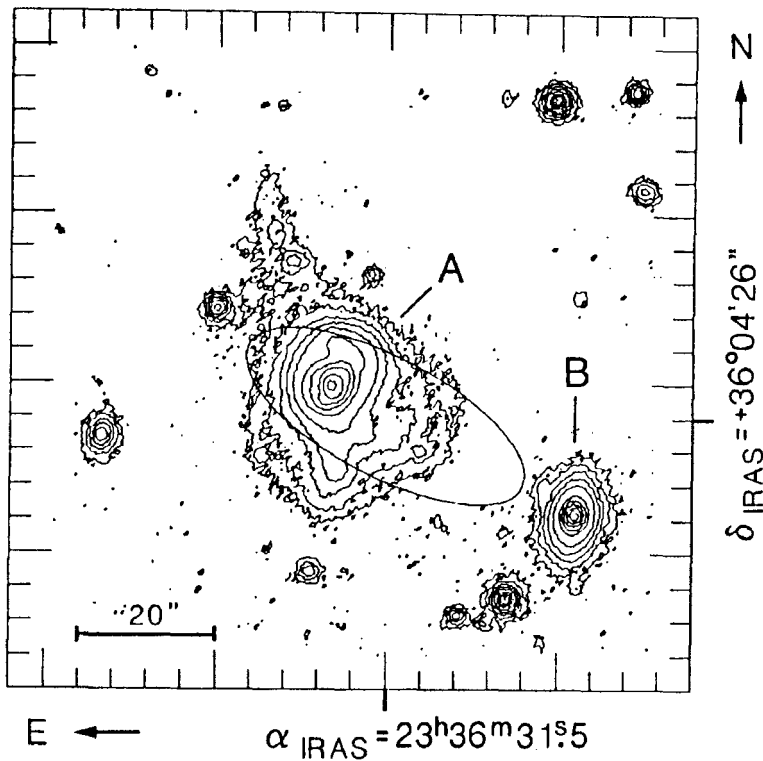


Abb. 6:

Das optische Gegenstück der IRAS-Quelle 23365 + 3604 in Isophotendarstellung nach einer CCD-Aufnahme mit dem 3,5 m-Teleskop der Calar Alto Sternwarte. Die Ellipse entspricht der Unsicherheit der vom Satelliten bestimmten Position.

durch die nahe Begegnung bzw. die gegenseitige Durchdringung. Die beteiligten Partner sind ausgewachsene Galaxien mit allen Anzeichen alter Sternpopulationen, die aber noch immer über einen ausreichenden Vorrat an interstellarem Material verfügen.

### Zur Galaxienentstehung

Von den frühen Phasen der Galaxienentwicklung haben wir vorerst so gut wie keine empirischen Befunde: Bisher konnten eindeutig junge oder in der Entstehung begriffene Galaxien nicht gefunden werden. In aller Regel enthalten die bekannten Systeme alte Sternpopulationen und, soweit die Beobachtungen Aussagen dieser Art zulassen, schwere chemische Elemente, ein anderes Indiz für beträchtliches Alter. Es sieht so aus als sei die weit überwiegende Mehrheit der Galaxien, wie unser Milchstraßensystem, in den er-

sten Milliarden Jahren nach dem Urknall entstanden als der Kosmos noch ganz jung war. Und diese Frühphase wird bislang von unseren Beobachtungen nicht erreicht. Das verdeutlicht die Abb. 7.

Ihr rechter Teil charakterisiert die heutigen empirischen Erfahrungen. In Abhängigkeit von der durch die kosmische Expansion bedingten Rotverschiebung  $z = \Delta\lambda/\lambda_0$  ( $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ ,  $\lambda$  gemessene Wellenlänge einer Spektrallinie,  $\lambda_0$  deren Ruhewellenlänge) zeigen die schraffierten Bereiche den gegenwärtig von Beobachtungen erfaßten Teil des Universums. Solange  $z \ll 1$  ist entspricht der Zahlenwert von  $z$  der Fluchtgeschwindigkeit  $v$  in Bruchteilen der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Bei großen  $z$ -Werten ist zur Berechnung von  $v$  in km/sek eine relativistische Korrektur nötig. Heute werden  $v$ -Werte  $> 0.9 c$  beobachtet. Bis zu recht großen Fluchtgeschwindigkeiten wächst  $z$  gemäß der Hubbleschen Relation mit der Entfernung linear an. Die rechte  $z$ -Skala ist deshalb gleichzeitig eine Skala steigender Entfernung.

Normale Galaxien werden in unserer näheren kosmischen Umgebung bis zu etwa  $z = 0,2$  ( $v = 60\,000$  km/sek) beobachtet. Die verschiedenen Arten aktiver Galaxien, zu denen auch die vorher angesprochenen Infrarotgalaxien gehören, sind wegen ihrer gesteigerten Leuchtkraft noch in merklich größeren Distanzen zu untersuchen. Von den vielen Quasaren, sie strahlen bis zum 1000fachen der Energie einer Normalgalaxie ab, kennen wir heute einige mit Rotverschiebungen zwischen  $z = 4$  und  $5$ . (Die  $\text{Ly}\alpha$ -Linie des Wasserstoffs mit ihrer Wellenlänge von  $1216 \text{ \AA}$  im irdischen Labor ist im Spektrum eines Quasars mit  $z = 4.0$  beim 5fachen, bei  $\lambda = 6080 \text{ \AA}$ , im Roten zu finden!). Ihre Distanzen liegen jenseits von 10 Milliarden Lichtjahren, es sind die am weitesten entfernten bekannten Objekte.

Das Intervall zwischen  $z \approx 5$  und  $1000$  ist ein „weißer Fleck“, Quellen mit Rotverschiebungen dieses Bereichs sind bisher nicht registriert worden. Dann aber, bei  $z \approx 1000$ , stoßen wir wieder auf eine empirisch gesicherte Insel: die 1965 durch Zufall entdeckte kosmische Hintergrundstrahlung. Sie wird gegenwärtig von dem COBE-Satelliten der NASA mit vorher nicht erreichter Präzision erneut vermessen und schon die jetzt vorliegenden Resultate bestätigen, daß sie aus allen Richtungen des Himmels in völlig gleicher Stärke bei uns eintrifft. Ihre Energieverteilung entspricht exakt dem Planckschen Strahlungsgesetz mit der Temperatur  $T = 2,73$  Grad über dem absoluten Nullpunkt, deshalb „3-Kelvin-Strahlung“. Die Abweichungen  $\Delta T/T$  davon in verschiedenen Himmelsrichtungen sind kleiner als  $4 \cdot 10^{-5}$ .

Die kosmische Hintergrundstrahlung ist ein Relikt des Urknall-Feuerballs und als solches lange vor ihrer Entdeckung vorhergesagt worden. Sie ist einer der stärksten Beweise dafür, daß das Universum aus einem heißen hochkomprimierten Zustand heraus entstanden ist. Ihre ursprünglich extrem hohe Temperatur hat sich mit der Expansion des Raumes, an der sie teilnimmt und ihren Charakter als Plancksche Strahlung beibehält, heute auf wenige Grad absolut abgekühlt. Am Anfang in enger Wechselwirkung mit der heißen Materie des Feuerballs hat sie sich einige 100 000 Jahre nach dem Urknall bei wenigen tausend Grad Temperatur von dieser getrennt und breitet sich seither unbehindert im Weltall aus.  $z = 1000$  entspricht der Abkühlung von  $3000 \text{ K}$  auf  $3 \text{ K}$ , einer Rotverschiebung des Maximums ihrer Energieverteilung von  $1 \mu\text{m}$  zu  $1 \text{ mm}$  Wellenlänge.

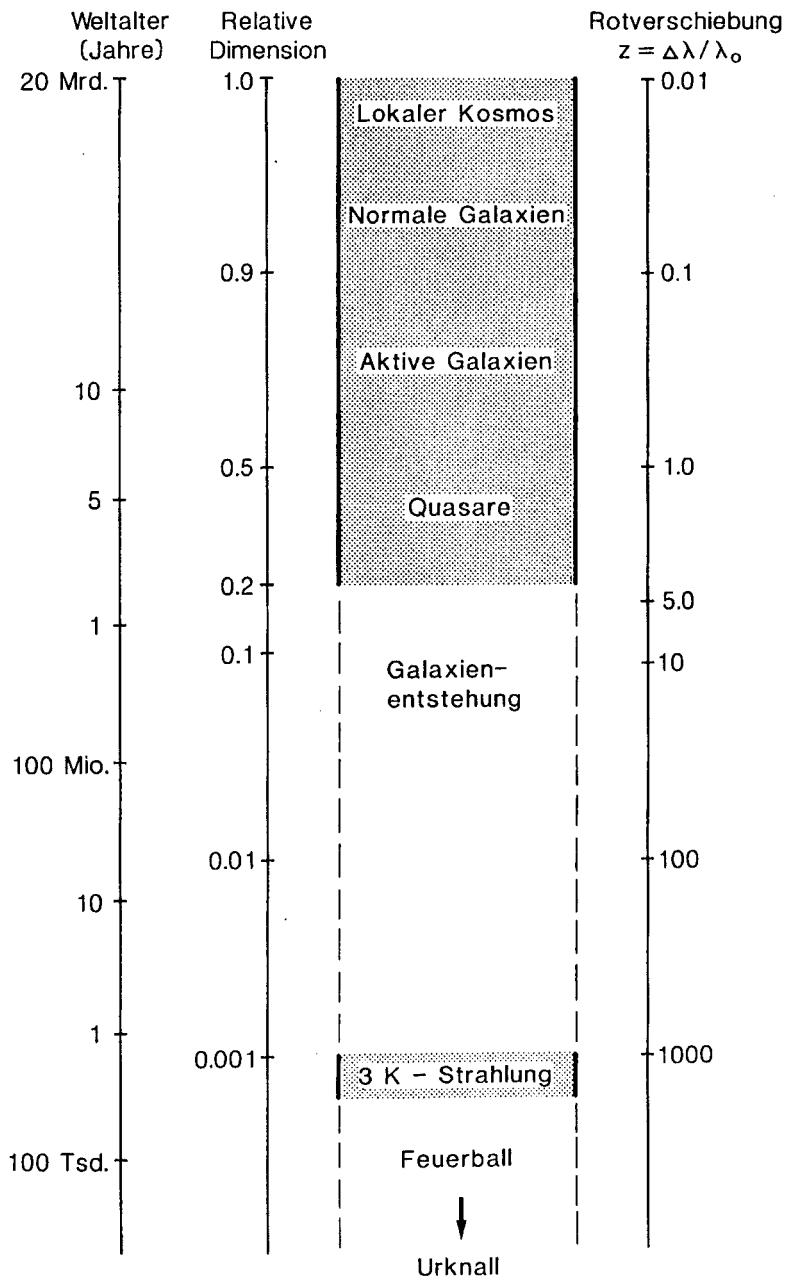


Abb. 7:

Räumliche und zeitliche Struktur des Universums in Abhängigkeit von der Rotverschiebung  $z$  (rechts).  
 Schraffiert: Empirisch erfaßte Schichten. Zur Erläuterung siehe Text.

Die beiden linken Skalen von Abb. 7 verbinden die Rotverschiebung  $z$  der rechten Seite nach einem gängigen Weltmodell, das auf Friedmann und die Allgemeine Relativitätstheorie zurückgeht, mit der kosmischen Zeitskala und den räumlichen Dimensionen. Dafür ist die empirisch zu ermittelnde, leider aber noch immer nicht ganz zweifelsfrei gesicherte Hubblesche Konstante  $H$  nötig, die den Zusammenhang zwischen Fluchtgeschwindigkeit einer Galaxie und ihrer Entfernung angibt. Hier ist der plausible Wert  $H = 50 \text{ km/sek pro Megaparsec Distanzschrift}$  verwendet, der einem Weltalter von rund 20 Milliarden Jahren entspricht. (Die folgenden Schlüsse sind jedoch von diesen Einzelheiten weitgehend unabhängig.)

Infolge der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes führen uns die Beobachtungen weit entfernter Systeme tief in die Vergangenheit zurück, in Zeiten als die kosmischen Dimensionen, etwa die gegenseitigen Abstände der Galaxien, nur geringe Bruchteile der heutigen ausmachten. So reichen nach Abb. 7 die jetzigen Beobachtungen von Galaxien im Extrem bis auf etwa ein Zehntel des heutigen Weltalters, d. h. bis auf fast 2 Milliarden Jahre, an den Ursprung des Universums heran. Wie schon erwähnt, sehen wir bis dahin im wesentlichen voll ausgebildete, fertige Systeme.

Die Hintergrundstrahlung stammt dagegen aus einer viel früheren Phase, als es noch keine Galaxien gab. Man hatte erwartet, daß dieser Strahlung wenigstens erste Spuren der Galaxienbildung eingeprägt sein müßten, geringe lokale Temperaturabweichungen und kleine Schwankungen ihrer Intensität beim Vergleich benachbarter Stellen am Himmel, gewissermaßen als Abdrücke der Saatkörner, denen die Galaxien entwachsen sind. Davon ist jedoch trotz der hohen Genauigkeit der gegenwärtigen Messungen so gut wie nichts zu merken, die ursprünglichen Prognosen waren jedenfalls viel zu optimistisch.

Dieser Kontrast, einerseits die ausgeprägt inhomogene Verteilung der Galaxien im Raum, ihre Haufen und die neuerdings erkannte Superstruktur, andererseits die unglaublich gleichförmige Hintergrundstrahlung, ist in jüngster Zeit in den Medien und anderswo öfters als Argument gegen den Anfang des Universums im hochverdichteten Feuerball, im „Big Bang“, bewertet worden. Diese Kritik an gut begründeten und empirisch gesicherten Konzepten ist nichts als ein voreiliger Kurzschluß, wie die Abb. 7 verdeutlicht.

Wegen der dort so deutlich in Erscheinung tretenden lückenhaften Kenntnis der kosmischen Frühgeschichte wissen wir kaum Zuverlässiges über die Galaxienentstehung. Insbesondere ist vorerst nicht zu entscheiden, ob sich etwa als erstes großräumige Strukturen inhomogener Materieverteilung herausgebildet haben, die danach in Galaxien aufgebrochen sind oder ob der Anfang aus vielen relativ kleinen Kondensationen bestand, die analog dem vorher beschriebenen Verschmelzungsprozess zu größeren Systemen angewachsen sind.

Die kosmische Hintergrundstrahlung ist ein Fossil des frühen unstrukturierten Universums. Wie daraus der hochstrukturierte Kosmos mit Galaxien, ihren Haufen und Superhaufen geworden ist, werden wir erst verstehen können, wenn es gelingt, die in der Abbildung angedeuteten Grenzen zu durchstoßen. Mit lichtstärkeren Teleskopen der neuen Generation, wie sie gegenwärtig im Bau sind, sollte das möglich sein. Dabei werden Messungen im infraroten Spektralbereich eine zentrale Rolle spielen, allein schon des-

halb, weil diese Zeitschichten infolge der Expansion des Raumes für uns tief ins Rote gerückt worden sind.

\* \* \*

Der Anlaß zu diesem Vortrag ist die Verleihung der C.F.Gauß-Medaille an Prof. H.-H.Voigt, den früheren Direktor der Göttinger Sternwarte. Über Jahrzehnte hinweg sind wir beide, Herr Voigt und ich, uns vielfach begegnet, in Gremien, denen wir gemeinsam angehörten, in der Astronomischen Gesellschaft und bei anderen ähnlichen Gelegenheiten. Zur ersten engeren Berührung kam es, als er 1959 zur Hamburger Sternwarte wechselte und mir als seinem Nachfolger eine der Assistentenstellen der Göttinger Sternwarte übertragen wurde. Dann hatten wir recht intensiv miteinander zu tun für die erste „Denkschrift zur Lage der Astronomie“ in der Bundesrepublik. Herr Voigt war von der Deutschen Forschungsgemeinschaft damit betraut worden, das dafür nötige Material zusammenzutragen und in Form zu bringen. Mitautoren der Schrift wurden F.Becker, Bonn, W.Fricke und H.Elsässer, Heidelberg sowie E.Kirste von der DFG. Ich erinnere mich lebhaft an mehrere Treffen in Bonn, wo es um die endgültigen Formulierungen ging.

Diese 1962 erschienene Denkschrift hat den Ausbau unserer Astronomie in den darauffolgenden Jahren nachhaltig beeinflusst. Insbesondere war sie ein wesentlicher Anstoß für die Gründung der drei Max-Planck-Institute für Extraterrestrische Physik in Garching, für Radioastronomie in Bonn und für Astronomie in Heidelberg. Ich meine, es sei eine angebrachte Geste des Dankes, wenn diese drei Institute mit den heutigen Vorträgen Herrn Kollegen Voigt ihre Reverenz erweisen.

---

Prof. Dr. H. Elsässer  
Max-Planck-Institut für Astronomie  
Königstuhl 17 · 69117 Heidelberg





JOACHIM TRÜMPER

## **Das heiße Universum – neue Ergebnisse der Röntgenastronomie\***

### **Röntgenastronomie**

In den letzten Jahrzehnten hat sich die beobachtende Astronomie von dem schmalen Bereich des sichtbaren Lichts, der eine Oktave mißt, auf das ganze elektromagnetische Spektrum ausgedehnt. Heute werden mehr als sechzig Oktaven zwischen dem langwelligen Radiobereich und der hochenergetischen Gammastrahlung im TeV-Bereich genutzt. Triebfeder dieser Entwicklung war nicht zuletzt die Erkenntnis, daß die verschiedenen Spektralbereiche ganz unterschiedliche, komplementäre Einblicke in das kosmische Geschehen gestatten.

Zu den fruchtbarsten der neuen Spektralbereiche gehört die Röntgenastronomie, die den Bereich von 0.1–500 KeV Quantenenergie umfaßt und sich außerordentlich stürmisch entwickelt hat. Es sind vor allem die Phänomene am Ende der Sternentwicklung, die am Röntgenhimmel hervortreten: Supernovaexplosionen, Neutronensterne und Schwarze Löcher. Aber auch normale Sterne, die relativ schwache Röntgenstrahler sind, können mit modernen Röntgenteleskopen studiert werden. Im extragalaktischen Bereich dominieren am Röntgenhimmel einerseits „aktive Galaxien“ aller Art – wie Radiogalaxien, Seyfert-Galaxien, Quasare – und andererseits die Galaxienhaufen, die größten physikalischen Formationen in unserem Universum.

Die Emission von Röntgenstrahlung setzt extreme Bedingungen voraus: Sie entsteht oft als Strahlung heißer Gase, bei Temperaturen von Millionen bis Milliarden Grad. Weitere wichtige Erzeugungsmechanismen sind die Synchrotronstrahlung und der inverse Compton-Effekt, d. h. die Wechselwirkung hochenergetischer Elektronen mit kosmischen Magnetfeldern bzw. intensiven Photonenfeldern. Oft ist die Röntgenemission mit explosiven Vorgängen verbunden, die in der kosmischen Entwicklung eine ganz wesentliche Rolle spielen.

Die Röntgenastronomie ist eine Errungenschaft des Raumfahrtzeitalters. Der direkte Nachweis der Röntgenstrahlung der Sonne gelang nach dem zweiten Weltkrieg in den USA mit Hilfe erbeuteter V-2-Raketen. Die erste kosmische Röntgenquelle, Scorpius X-1, und die kosmische Röntgen-Hintergrundstrahlung wurden 1962 gleichzeitig durch Zufall mit einem Raketenexperiment der NASA entdeckt, dessen eigentliches Ziel gewesen war, die vom Mond reflektierte Röntgenstrahlung der Sonne nachzuweisen [1]. Es folgten zahlreiche Raketen- und Ballonexperimente und eine ganze Reihe von Röntgensatelliten, die mit großflächigen „Röntgenkollektoren“ ausgerüstet waren. Dazu gehörten vor allem 1971 der Uhuru-Satellit, mit dem die erste Himmelsdurchmusterung gemacht wurde, die etwa 339 Quellen erbrachte [2].

---

\* Vortrag bei der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 11. Juni 1993.

Zu diesen frühen Experimenten zählten auch ab 1972 unsere Ballon-HEXE und später die MIR-HEXE auf der sowjetischen Raumstation (1987–93), mit denen wir in Zusammenarbeit mit dem Astronomischen Institut der Universität Tübingen zahlreiche Messungen, vor allem an Neutronensternen und Schwarzen Löchern, gemacht haben. Ein Höhepunkt dieser Aktivitäten war die Entdeckung einer Zyklotronresonanzlinie im harten Röntgenspektrum des Neutronensterns Hercules X-1. Damit wurde es nun zum ersten Mal möglich, die Polfeldstärke eines solchen Objekts spektroskopisch zu bestimmen:  $5 \times 10^{12}$  Gauß =  $5 \times 10^8$  Tesla, das größte bisher gemessene Magnetfeld im Kosmos.

Ganz neue Möglichkeiten eröffneten sich mit der Einführung abbildender Röntgenteleskope, die auf einer Erfindung des Kieler Physikers Hans Wolter im Jahre 1951 beruhen [3]. Sie bestehen aus konfokalen und coaxialen Paraboloid- und Hyperboloidspiegeln, an denen nacheinander die Röntgenstrahlung unter streifendem Einfall reflektiert wird. Derartige „Wolterteleskope“ wurden zuerst im großen Stil im Skylab für Untersuchungen der Sonnenkorona eingesetzt und danach auf dem Einstein-Observatorium (1978–80) der NASA und dem EXOSAT (1983–86) der ESA. Auf dem Röntgensatelliten ROSAT wurde am 1. Juni 1990 ein Wolterteleskop gestartet, das um ein vielfaches leistungsfähiger ist als seine Vorgänger. Mit ihm sind die Beobachtungsgrenzen in der Röntgenastronomie weit hinausgeschoben worden.

## ROSAT

Hauptinstrument des Satelliten ist ein Röntgenteleskop mit vier ineinander geschachtelten Wolter-Spiegelsystemen, das fast eine Tonne wiegt. Es besitzt eine Winkelauflösung von 3.5 Bogensekunden und verfügt über zwei Röntgenbildwandler in der Fokalebene, die im Energiebereich 0.1–2.5 keV (entsprechend Wellenlängen 0,5–12.4 nm) arbeiten. Einer der Detektoren ist ein Vieldrahtproportionalzähler (PSPC) aus unserem Institut, der es gestattet, vier „Röntgenfarben“ aufzulösen, wobei die Winkelauflösung 25 Bogensekunden beträgt. Der zweite Detektor ist ein Kanalplattenvervielfacher (HRI), der „Schwarz-Weiß-Bilder“ mit 5 Bogensekunden Auflösung macht.

Neben dem Röntgenteleskop gibt es an Bord ein kleineres Extrem-Ultraviolett-Teleskop, das von einem englischen Konsortium gebaut wurde und das den ROSAT-Energiebereich zu kleineren Photonenenergien hin erweitert (0.03–0.1 keV). Eine detaillierte Beschreibung der Instrumente, ihrer Wirkungsweise sowie des Satelliten und seiner Systeme findet sich in den Physikalischen Blättern [4]. Abb. 1 zeigt eine Abbildung des Satelliten, und Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Zusammenarbeit bei ROSAT.



*Abb. 1:  
Der Röntgensatellit ROSAT*

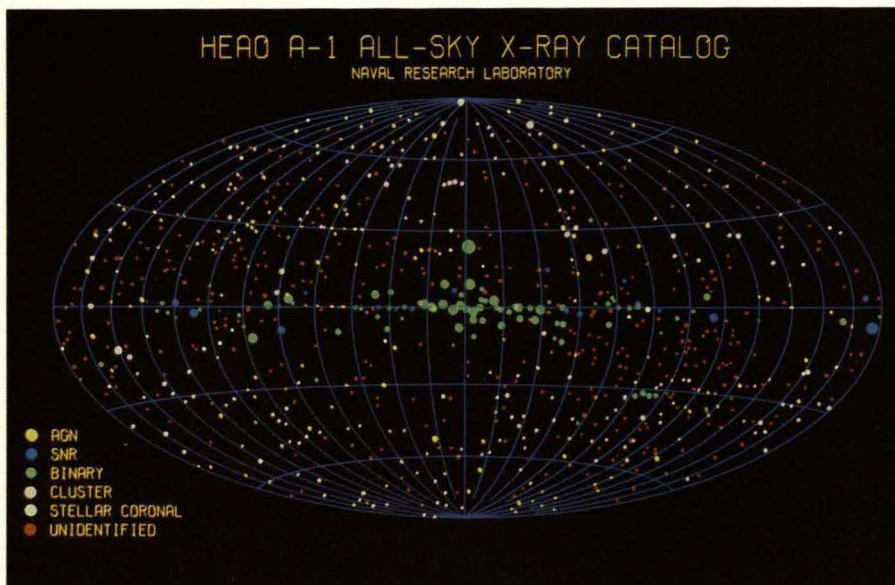


Abb. 2a

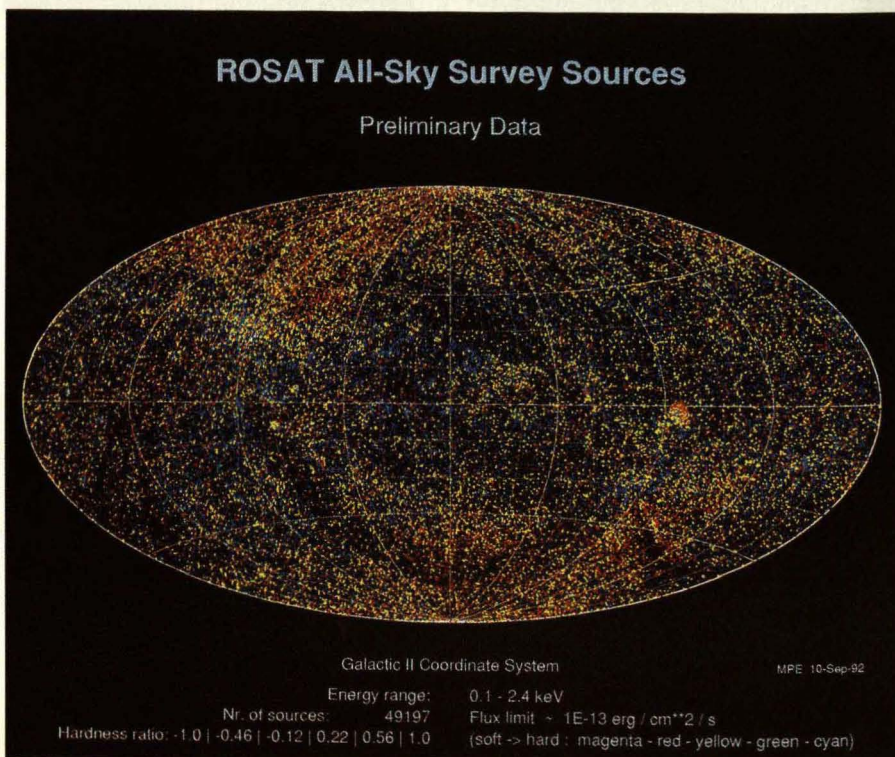


Abb. 2b



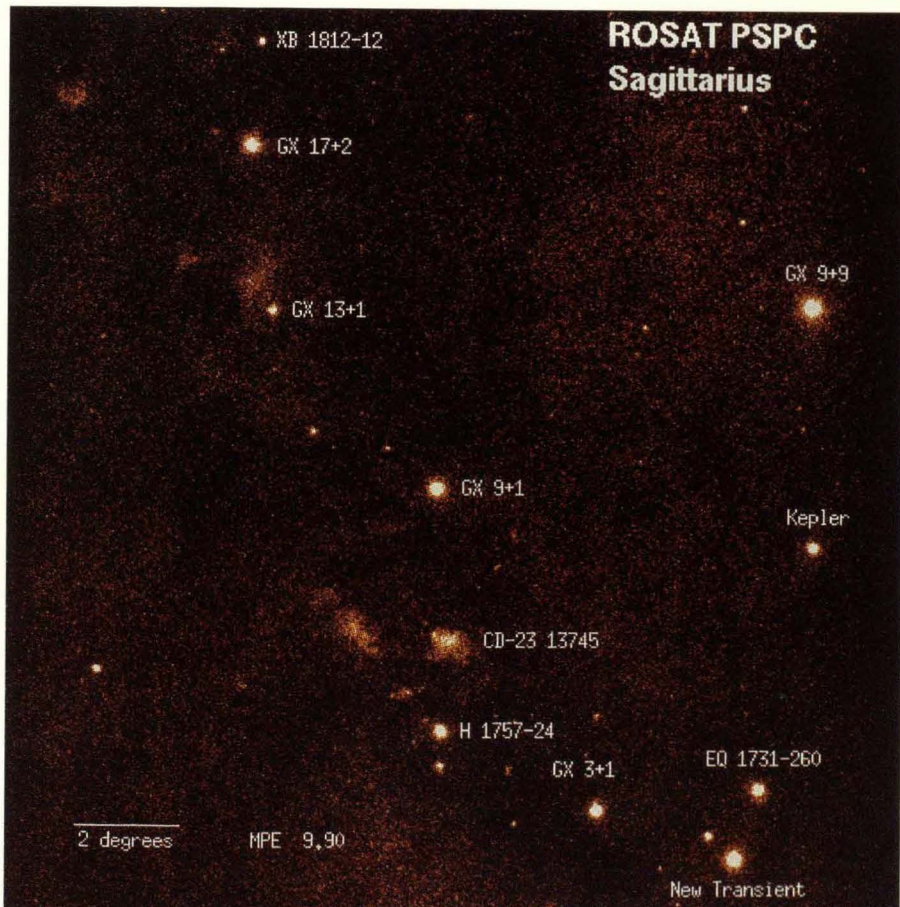


Abb. 3:

Ein Ausschnitt von ca.  $20 \times 20$  Grad in der Nähe des galaktischen Zentrums.

◁ Abb. 2 a:

Die Himmelskarte, die mit dem HEAO-1-Satelliten gewonnen wurde, umfaßt 840 Quellen. In der Mitte das galaktische Zentrum.

◁ Abb. 2 b:

Vorläufige Karte mit etwa 50.000 Rosat-Punktquellen. In der Mitte das galaktische Zentrum. Der Durchmesser der Kreise ist proportional zum Logarithmus der Intensität; die Farbe gibt Auskunft über das Spektrum (rot = weich, blau = hart).

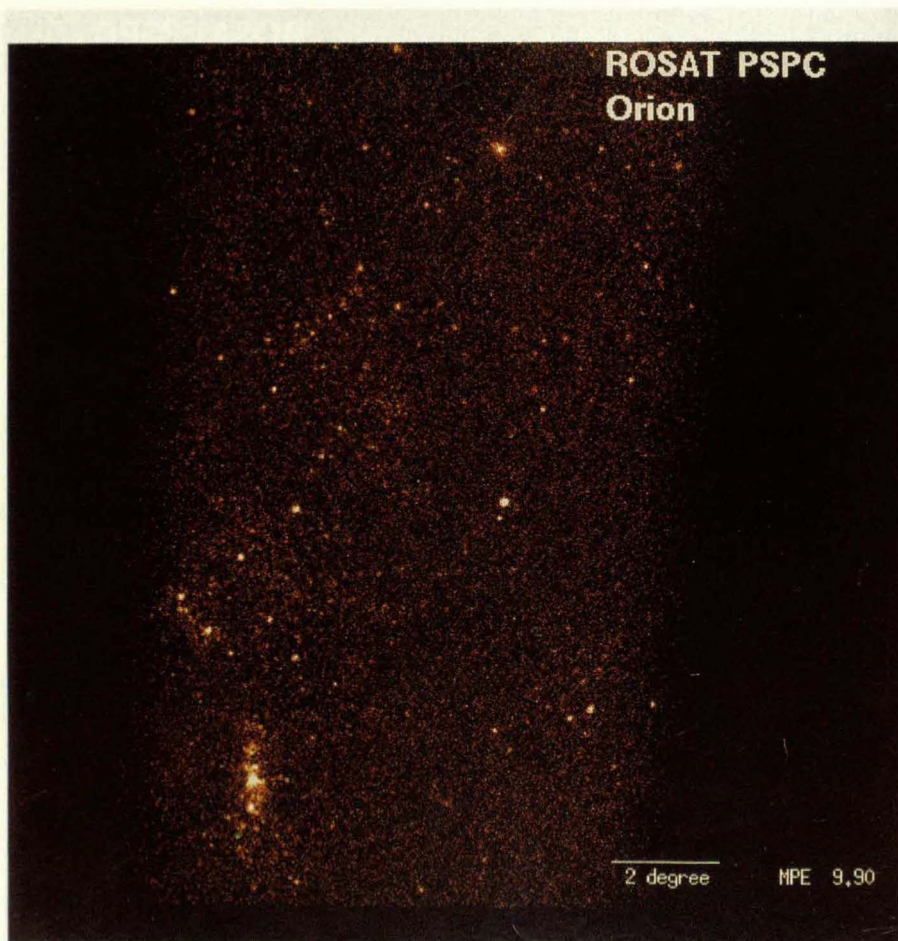
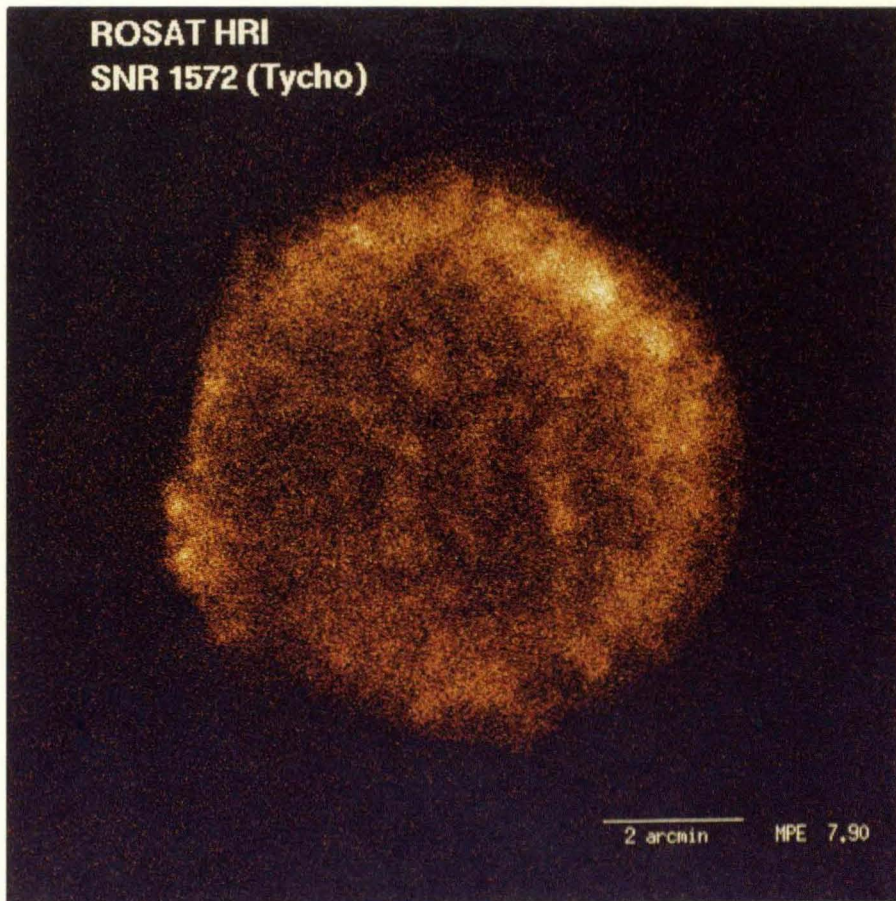


Abb. 4:

*Der Ausschnitt aus dem Sternbild Orion läßt die drei Gürtelsterne als Punktquellen und den Bereich des „Schwerts“ als diffuses Emissionsgebiet erkennen.*





*Abb. 5:*  
*Explosionswolke, die durch Tychos Supernova erzeugt wurde.*



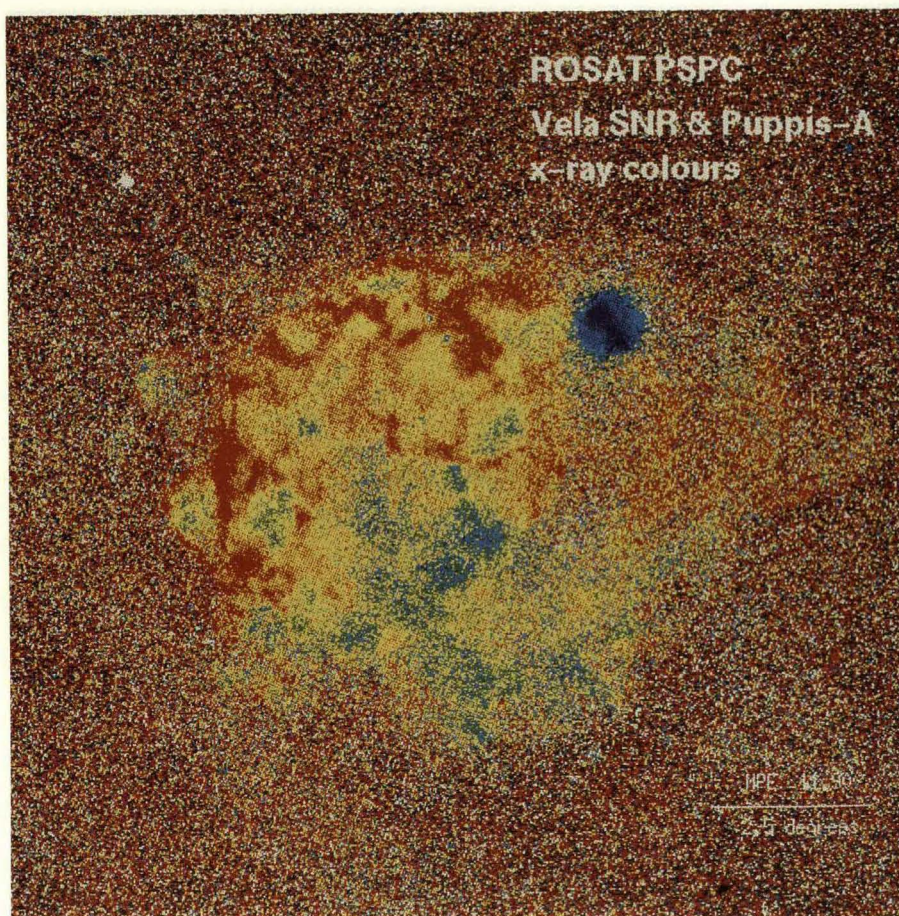


Abb. 6:  
*Röntgenfarbbild der Supernova-Überreste Vela und Puppis A (das blaue Objekt rechts oben).*



*Abb. 7:*

*Der Crabpulsar ist von einer toroidalen Emissionsregion umgeben. Daneben sind Jets zu erkennen, deren Richtung mit der der Rotationsachse des Pulsars übereinstimmt.*



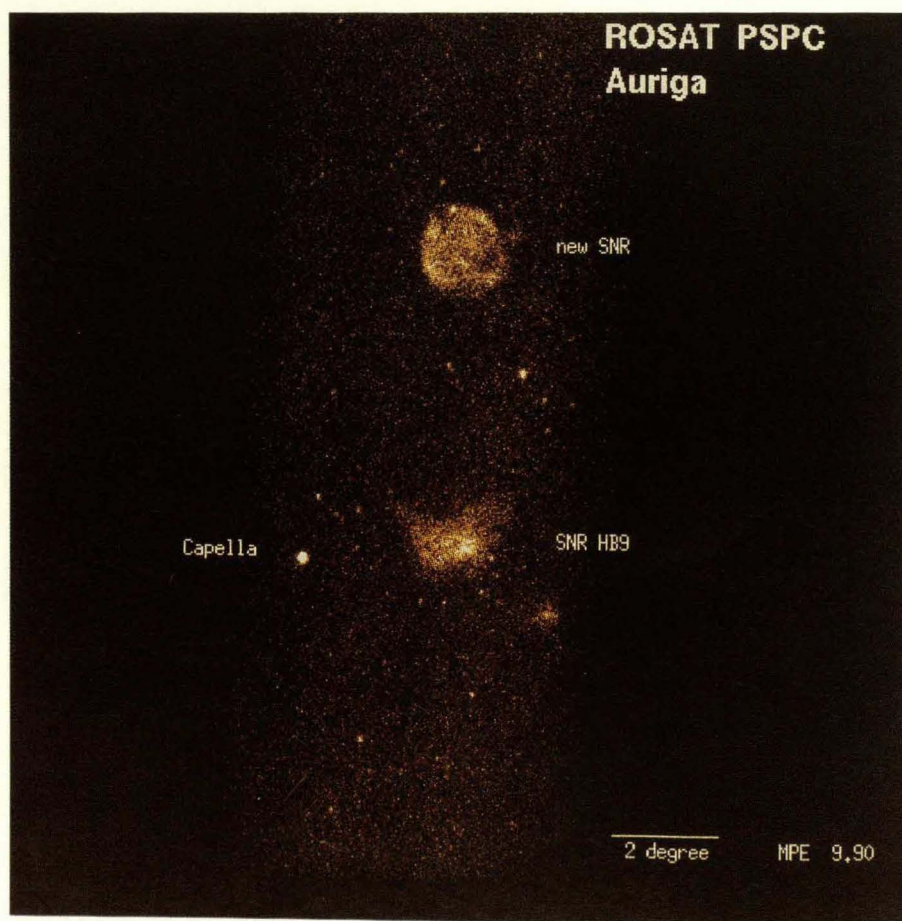


Abb. 8:

Eine der von ROSAT neu entdeckte „Supernovaexplosionswolke“, seitlich davon Capella und darunter der Supernovaüberrest HB9.

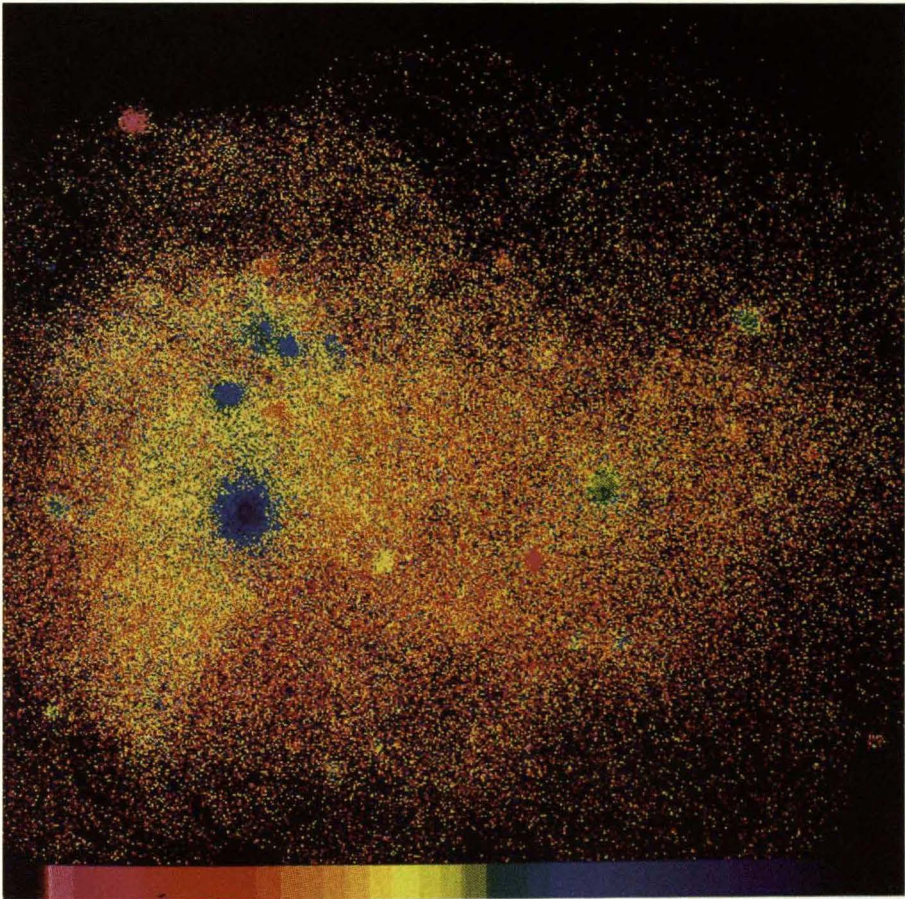


Abb. 9:

Das Zentralgebiet der Großen Magellan'schen Wolke zeigt zahlreiche Röntgenquellen. Die helle blaue Quelle links: LMC C-1, ein Doppelsternsystem, das wahrscheinlich ein Schwarzes Loch enthält, darüber links der 50 ms-Pulsar (blau), rechts davon ein K-Stern der Milchstraße (rot), darüber der Tarantelnebel mit zwei Supernovaüberresten.



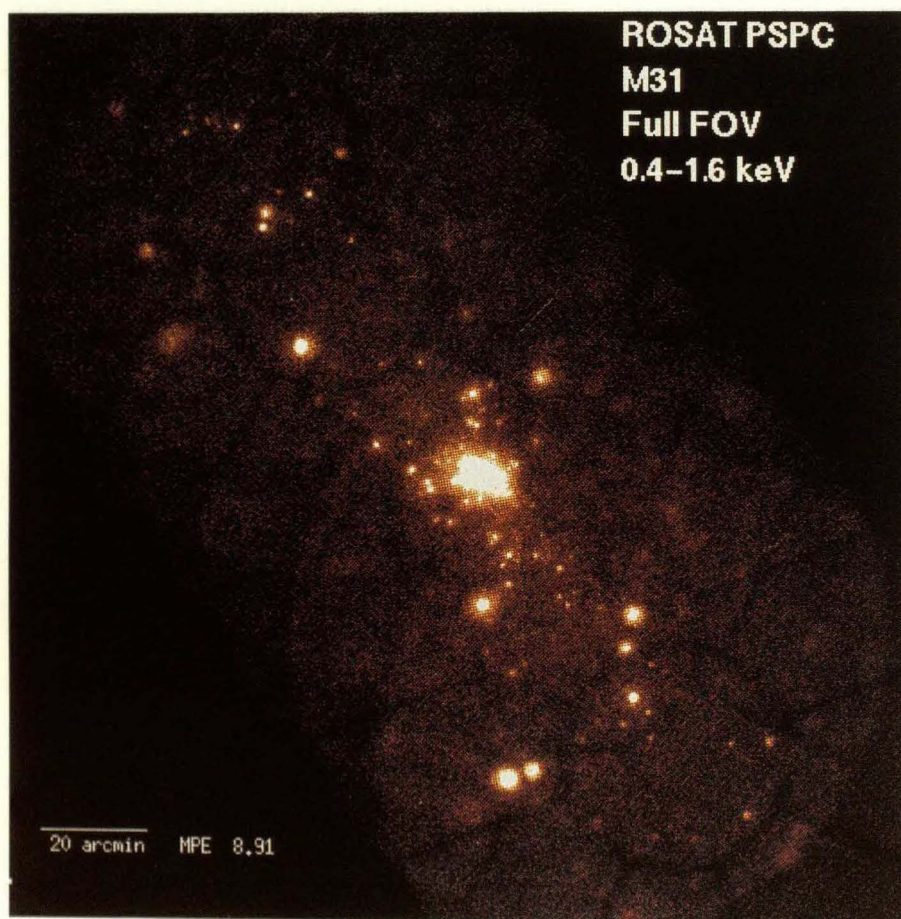
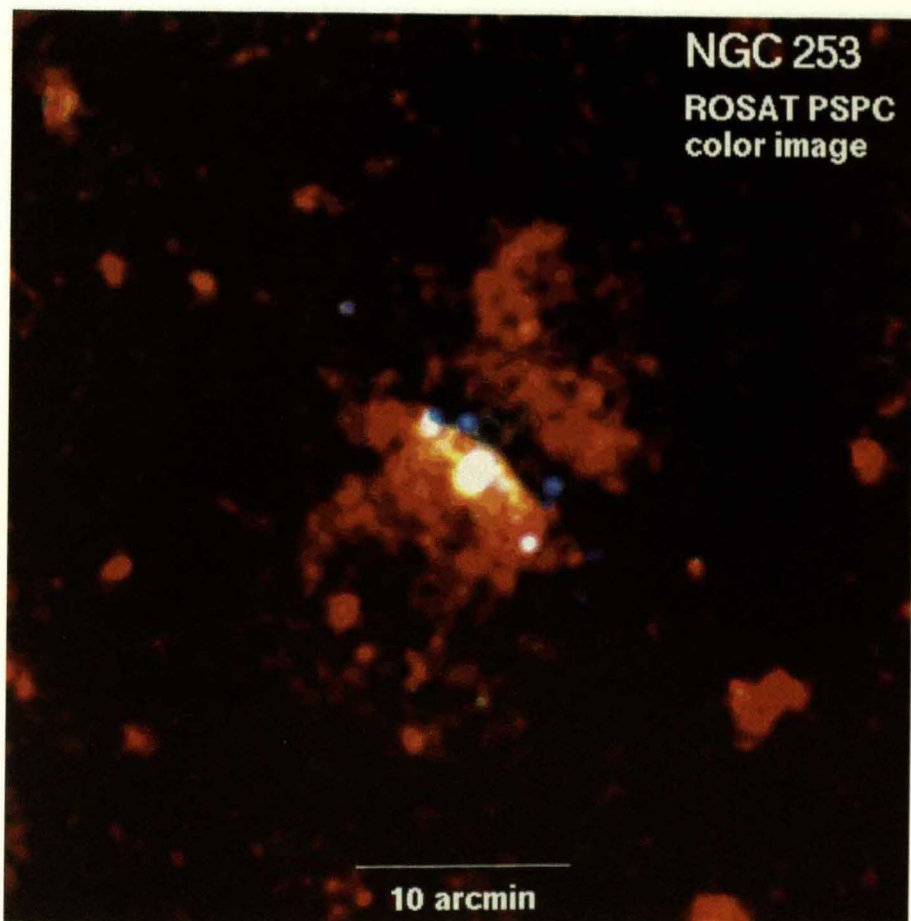


Abb. 10:

*Als Ergebnis einiger langer Detailbeobachtungen des Andromedanebels konnten in dieser Galaxie etwa 400 Röntgenquellen entdeckt werden. Dabei handelt es sich um Röntgendoppelsterne und Supernova-Überreste.*



*Abb. 11:*

*Röntgenbild der Starburst-Galaxie NGC 253. Die helle blaue Quelle sitzt im Zentrum der Galaxie und besteht aus etlichen Röntgendoppelsternen, deren Temperatur etwa bei 50 Millionen Grad liegt. Die beiden ausgedehnten roten Bereiche auf beiden Seiten der Galaxie stellen die diffuse Emission eines Halos dar, der eine Temperatur von etwa 2 Millionen Grad besitzt und sich bis zu Entfernungen von etwa 30.000 Lichtjahren erstreckt.*



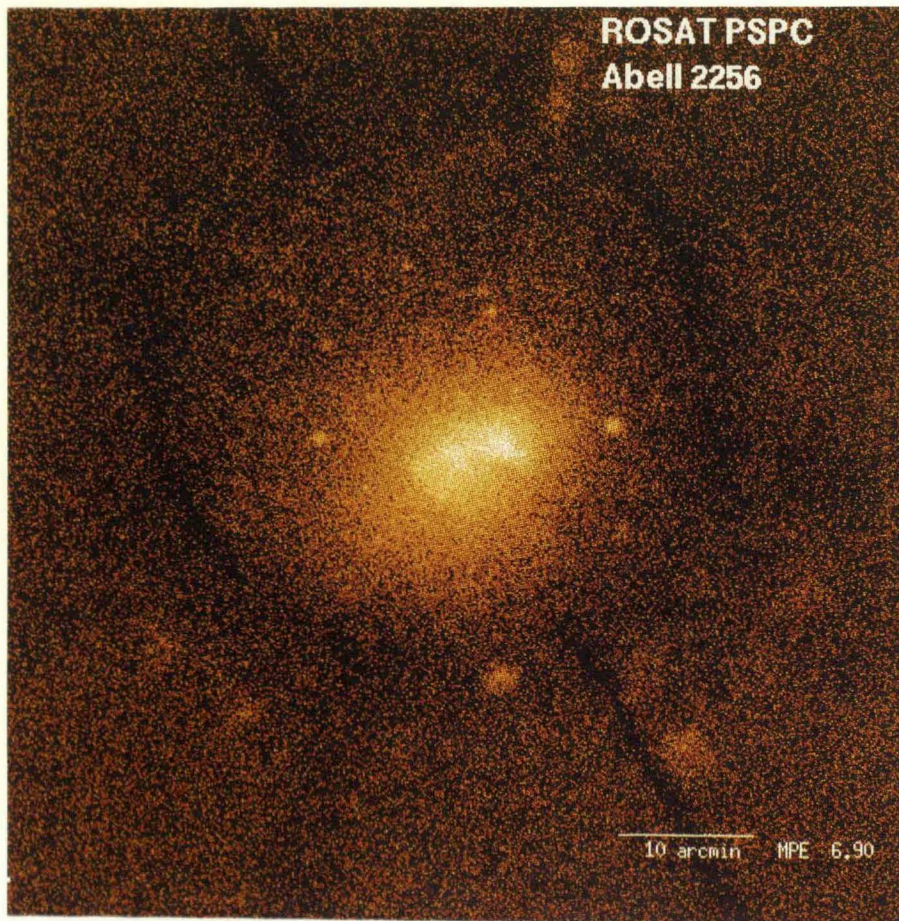


Abb. 12:

Die Röntgenemission des Galaxienhaufens Abell 2256 zeigt eine deutliche Doppelstruktur, die auf die Vereinigung zweier Haufen hindeutet.



Abb. 13:  
*Vereinigung des Comahaufens mit einem kleineren Galaxienhaufen, der von rechts unten einfällt.*



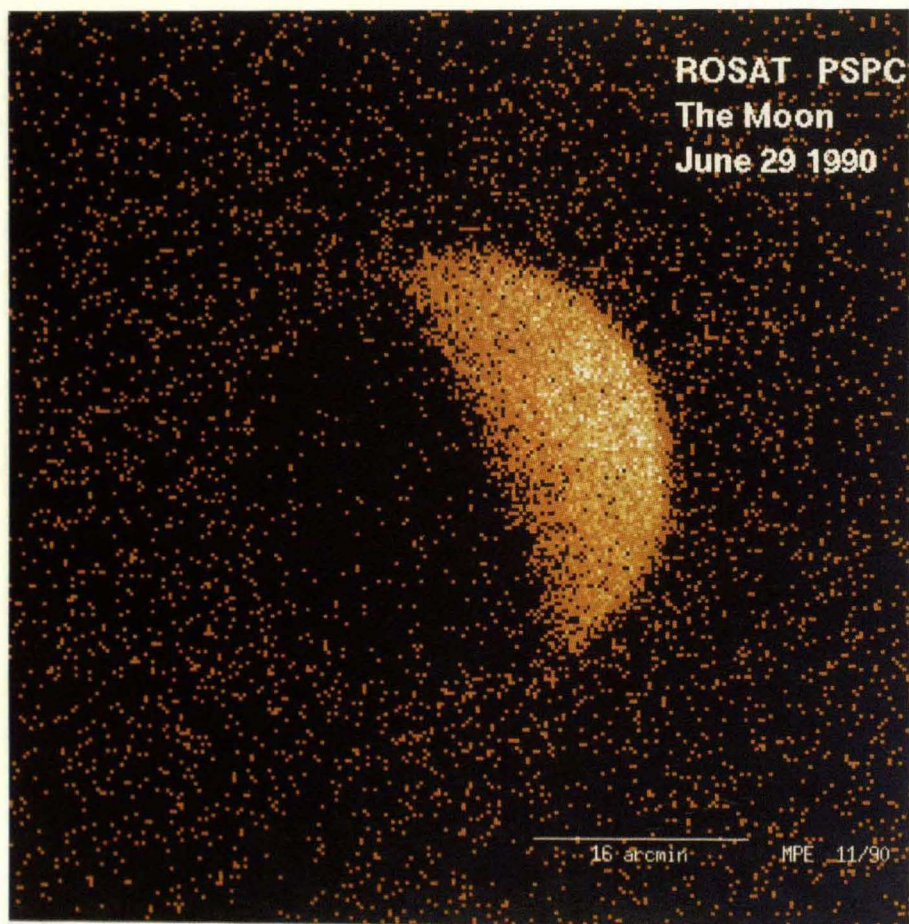


Abb. 14:

*Erstes Röntgenbild des Mondes. Von der sonnenbeschienenen Seite wird solare Röntgenstrahlung reflektiert. Der Mond schattet die diffuse Hintergrundstrahlung ab.*

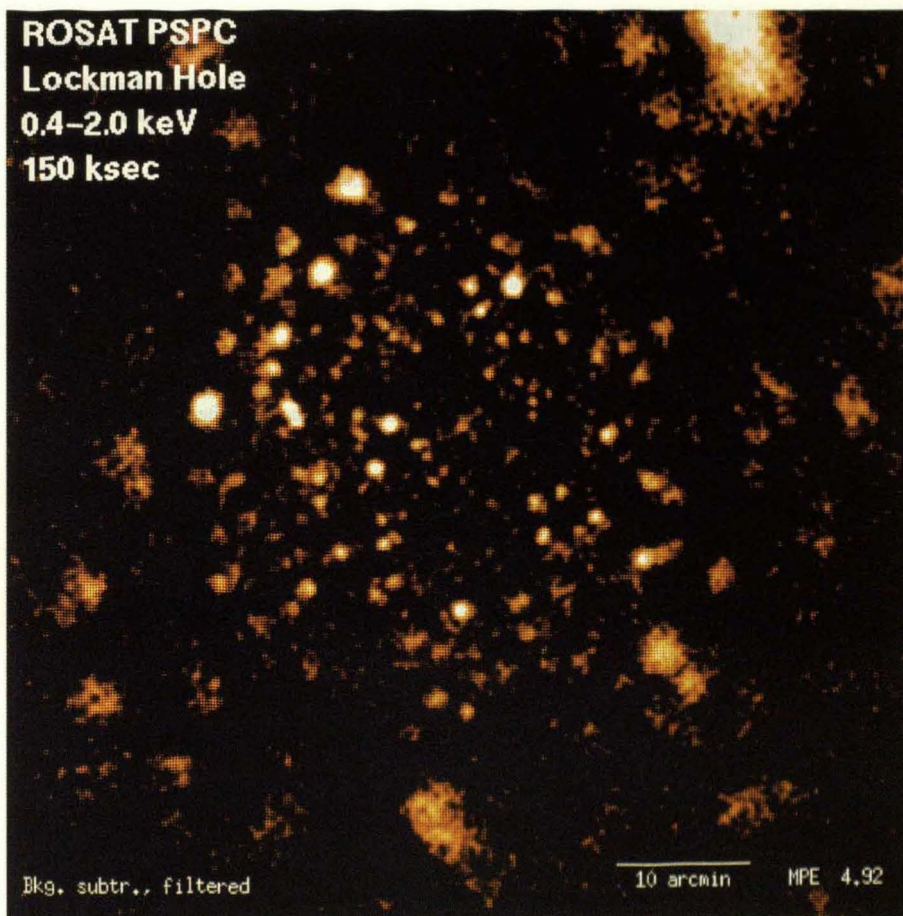


Abb. 15:

Röntgenabbildung eines Feldes im Großen Wagen mit 42 Stunden Beobachtungszeit.  
Im zentralen Bereich des Bildes wurden etwa 180 Quellen gefunden.

|                     |                                     |  |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| <i>Deutschland:</i> | Satellit                            | Dornier / Messerschmidt-Bölkow-Blohm   |
|                     | Bodenstation                        | Weilheim / German Satellite Operation Center der Deutschen Luft- und Raumfahrt (DLR) |
|                     | Röntgenspiegelsystem                | Carl Zeiss, Oberkochen   |
|                     | Fokalinstrumentierung inkl. 2 PSPCs | Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE), Garching                    |
|                     | wissenschaftl. Datenzentrum         | MPE Garching   |
|                     | deutsches XUV-Datenzentrum          | Astronomisches Institut Tübingen   |
|                     | Projektmanagement                   | DLR und Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten                                |
|                     | wissenschaftliche Leitung           | MPE Garching   |
| <i>England:</i>     | Wide Field Camera (XUV-Teleskop)    | University of Leicester und ein Konsortium englischer Institute                      |
|                     | Kostenbeteiligungen am Satelliten   | Science and Engineering Research Council   |
| <i>USA:</i>         | ein Fokalinstrument (HRI)           | Smithsonian Astrophysical Observatory / Goddard Space Flight Center                  |
|                     | Start des Satelliten                | National Aeronautics and Space Administration  |

Tabelle 1: Zusammenarbeit bei ROSAT

## Die Himmelsdurchmusterung

Eines der wichtigsten Ziele von ROSAT war, zum ersten Mal mit einem abbildenden Röntgenteleskop den ganzen Himmel zu durchmustern. Dieser Teil der Mission dauerte nur ein halbes Jahr und wurde im Februar 1991 erfolgreich abgeschlossen. Dabei konnten Quellen erfaßt werden, deren Intensität hundertmal schwächer waren als die schwächsten Quellen bisheriger Röntgensurveys. Entsprechend reich ist die wissenschaftliche Ausbeute:

Die vorläufigen Auswertungen lassen erwarten, daß mit der ROSAT-Durchmusterung mehr als 60.000 Röntgenquellen registriert und lokalisiert wurden – ein Quantensprung im Vergleich mit dem bisher umfangreichsten „all sky survey“, der mit dem

|                                   |     |        |
|-----------------------------------|-----|--------|
| Gesamtzahl der ROSAT-Quellen      | ca. | 60.000 |
| Normale Sterne                    | ca. | 25.000 |
| Aktive Galaktische Kerne, Quasare | ca. | 30.000 |
| Galaxienhaufen                    | ca. | 5.000  |
| Normale Galaxien                  | ca. | 650    |
| Röntgendoppelsterne               | ca. | 1.000  |
| Supernovaüberreste                | ca. | 150    |

*Tabelle 2: ROSAT-Himmelsdurchmusterung*

HEAO-1 Satelliten gemacht wurde und 840 Quellen ergab. Die Abbildungen 2a und 2b vergleichen den alten und den neuen Röntgenhimmel. Zu den neuentdeckten Quellen gehören fast alle bekannten Arten astrophysikalischer Objekte (Tabelle 2). Vielleicht noch wichtiger als der quantitative Fortschritt ist der Gewinn an Qualität. Abb. 3 zeigt ein kleines Stück ( $\approx 1\%$ ) des ROSAT-Himmels in der Nähe des galaktischen Zentrums im Detail. Man erkennt neben den hellen Quellen, bei denen es sich um Röntgendoppelsterne handelt, viele schwache Objekte, vorwiegend normale Sterne. Rechts im Bild ist eine berühmte Supernovaexplosionswolke zu sehen. Sie stammt von Keplers „Nova“ (1604) und ist die letzte Supernova in unserer Milchstraße, die mit bloßem Auge gesehen wurde. Daneben sind weiträumige Strukturen diffuser Emission zu sehen, welche vom heißen interstellaren Gas herrühren, das durch Supernovaexplosionen erzeugt wird, und eine Temperatur von etwa einer Million Grad besitzt. Einige hellere „Fetzen“ diffuser Emission dürften Überbleibsel von sehr alten Supernovaexplosionswolken sein. Die direkte Abbildung dieser diffusen Emission des heißen interstellaren Mediums ist zum ersten Mal mit ROSAT ermöglicht worden. Bei früheren Beobachtungen „versanken“ derartig leuchtschwache Strukturen im Eigenrauschen der Bilddetektoren.

### **Detailbeobachtungen**

Im Anschluß an die Himmelsdurchmusterung, also während der letzten zweieinhalb Jahre, ist der Satellit für Detailbeobachtungen einzelner Quellen eingesetzt worden. Die Beobachtungszeit wird dabei, wie in der Astronomie üblich, ausgeschrieben und verteilt sich auf viele Gastbeobachter. Insgesamt wurden bisher etwa 4.000 Einzelbeobachtungen ausgeführt.

Auch in diesem Beobachtungsprogramm bringt ROSAT wesentliche Verbesserungen im Vergleich mit seinen Vorgängern, und zwar hinsichtlich der Empfindlichkeit (Faktor 3–10), der Winkelauflösung (Faktor 2–5), der spektralen Bildauflösung (Faktor 3) und

vor allem hinsichtlich des Detektorhintergrundes (Faktor 20!). Die Hintergrundeffekte sind so klein, daß in einem Bildelement des PSPC nur ein einziges Quant pro Tag vorge-täuscht wird!

Insgesamt haben die ROSAT-Himmelsdurchmusterung und die Detailbeobachtungen eine Ernte erbracht, die in ihrer Quantität und Qualität alles in den Schatten stellt, was bisher mit abbildenden Röntgenteleskopen gefunden wurde. Ich kann im folgenden nur auf einige Highlights aus dieser Vielfalt eingehen.

## Sterne

Die ROSAT-Durchmusterung gestattet zum ersten Mal, größere Areale des Himmels in homogener Weise und in beträchtlichem Detail darzustellen. Als Beispiel ist in Abb. 4 ein Ausschnitt aus dem Orion wiedergegeben, dessen drei Gürtelsterne massereiche heiße Objekte mit starken Sternwinden sind. Ihre Röntgenstrahlung stammt vermutlich aus den Stoßwellenregionen, die beim Aufprall der Winde auf das umgebende interstellare Medium entstehen. Unter dem Gürtel ist das „Schwert“ erkennbar, das aus der optischen und Infrarot-Astronomie als Sternentstehungsgebiet bekannt ist. Die starke diffuse Röntgenemission aus diesem Bereich ist ebenfalls vorwiegend auf massereiche heiße Sterne zurückzuführen. Einige von ihnen mögen bereits ihre thermonukleare Brennphase durchlaufen haben, explodiert sein und dabei heißes Plasma produziert haben. Daneben weist die Region eine größere Zahl von weiteren Quellen auf, darunter den hellen Stern Bellatrix, der ebenfalls zum Sternbild des Orion gehört. Insgesamt dürften in der Durchmusterung 15–20.000 normale Sterne enthalten sein. In den meisten Fällen handelt es sich allerdings nicht um heiße, sondern um kühle Sterne. Diese besitzen wie unsere Sonne eine heiße röntgenstrahlende Korona, die durch die Konvektion in den äußeren Schichten hervorgerufen wird.

## Supernovaüberreste

Zu den schönsten Objekten am Röntgenhimmel gehören die Supernovaüberreste. Sie markieren die Stellen, an denen vor tausenden bis hunderttausenden von Jahren Sterne am Ende ihrer Entwicklung als Supernova explodiert sind. Diese Explosionswolken weisen eine Temperatur von Millionen Grad auf und sind deshalb intensive Röntgenstrahler.

Abb. 5 zeigt die Explosionswolke, die durch Tycho's „Nova“ (1572) erzeugt wurde. Sie besitzt einen Radius von etwa 10 Lichtjahren und eine Temperatur von 5 Millionen Grad. Ein Vergleich der Bilder des Einstein-Observatoriums und von ROSAT, die 1979 bzw. 1990 gemacht wurden, erlaubt, die Expansionsgeschwindigkeit zu bestimmen. Dabei zeigt sich, daß die Expansion bereits deutlich gebremst ist. Ein Neutronenstern konnte bisher – auch mit ROSAT – nicht gefunden werden.

Besonders eindrucksvoll sind die ROSAT-Aufnahmen alter, räumlich sehr ausge-dehnter Supernovaüberreste, die im Zuge der Himmelsdurchmusterung gemacht wur-

den. Dabei konnten diese Objekte zum ersten Mal als Ganzes kartiert und die Temperatur- und Druckverteilung des heißen Plasmas bestimmt werden. Ein Beispiel ist der Supernoväüberrest im Sternbild Vela (Segel), der in Abb. 6 dargestellt ist.

Man erkennt, daß die nördlichen Bereiche viel kühler und dichter sind als der südliche Teil, dessen relativ schwache Emission überhaupt zum ersten Mal von ROSAT erfaßt wurde.

Neu entdeckt wurden mit ROSAT auch die Ausbuchtungen, die vor der Stoßfront im Osten, Norden und Westen der Supernovawolke zu sehen sind. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um Mach-Kegel, die von Materieklumpen hervorgerufen werden, welche eine höhere Geschwindigkeit haben als die mittlere Stoßfront. Die Symmetrieachsen dieser Emissionsstrukturen schneiden sich im Zentrum der Supernovahülle, dort wo im Bild eine blaue Emissionsregion zu sehen ist. Diese kompakte „blaue“ Quelle stellt einen „Synchrotronnebel“ dar, der den seit langem aus dem Radiobereich bekannten Vela-Pulsar (Periode 89 ms) umgibt. Mit ROSAT konnte zum ersten Mal gepulste Röntgenemission dieses Pulsars gesehen werden; die Röntgenstrahlung stammt vermutlich von der heißen Polkappe (1.6 MioK) des Neutronensterns, der wie die Explosionswolke etwa 14.000 Jahre alt ist.

Der bekannteste Synchrotronnebel ist der Crabnebel, der durch die „chinesische“ Supernova im Jahre 1054 entstanden ist. In dem ROSAT-HRI-Bild des Crab (Abb. 7) sieht man neben dem 33 msec Pulsar als zentraler Punktquelle interessante räumlich ausgedehnte Strukturen, bei denen es sich um Synchrotronemission von sehr hochenergetischen Elektronen ( $10^{14}$  eV) handelt. Diese Strukturen spiegeln direkt die Elektronenstrahlgeometrie des Neutronensterns wider, die damit zum ersten Mal deutlich sichtbar gemacht wird. Eine thermisch strahlende Explosionswolke wie bei Vela konnte um den Crabnebel herum trotz intensiver Suche auch mit ROSAT nicht gefunden werden.

Bisher waren im Röntgenbereich 46 Supernoväüberreste bekannt. Durch die ROSAT-Durchmusterung wurden etwa 90 weitere Exemplare gefunden. Ein Beispiel ist in Abb. 8 zu sehen: Neben zwei bekannten und vielstudierten Quellen – es handelt sich um Capella und den Supernoväüberrest HB9 – wurde nur wenige Grad davon entfernt mit ROSAT ein neuer Supernoväüberrest entdeckt, mit  $1.5^\circ$  Durchmesser und einer fast perfekt runden Form, ein wahres Prachtexemplar [6]. Weder auf den optischen noch auf den Radiokarten war an dieser Stelle etwas Besonderes zu sehen. Inzwischen haben unsere Kollegen vom MPI für Radioastronomie dort mit dem 100 m-Radioteleskop eine „Schalenquelle“ gefunden. Bei der Radiostrahlung handelt es sich um Synchrotronstrahlung lokal beschleunigter Elektronen, während man im Röntgenbereich direkt das heiße Plasma der Explosionswolke sieht.

## Die Magellan'schen Wolken

Das „First Light“ von ROSAT wurde am 16. Juni 1990 mit einer Beobachtung der Großen Magellan'schen Wolke (LMC) zelebriert, wobei für uns die Frage im Vordergrund stand, ob die Supernova 1987A sichtbar wäre, die erste nahe Explosion seit Kep-

lers Supernova im Jahre 1604 [7]. Ein halbes Jahr nach dem Aufleuchten hatten wir mit der „HEXE“ auf der MIR-Station harte Röntgenstrahlung von SN 1987A entdeckt (20–200 KeV), aus der man auf das in der Supernova produzierte radioaktive Nickel 56 schließen konnte [8]. Fast gleichzeitig hatten wir versucht, während einer 5minütigen Raketenbeobachtung mit einem Vorläufer des ROSAT-Teleskops weiche Röntgenstrahlung der Supernova nachzuweisen. Obwohl alles gut funktionierte, wurde jedoch kein Röntgenquant von der Supernova gefunden [9]. So waren wir gespannt, was uns ROSAT mit seiner viel größeren Sammelfläche und einigen Stunden Beobachtungszeit bringen würde. Die erste Beobachtung klappte wie am Schnürchen, jedoch war im ROSAT-Bild (Abb. 9) von der SN 1987A wiederum keine Spur zu sehen [7]. Auch die Durchmusterung, in der diese Region von September bis Oktober 1990 beobachtet wurde, und einige weitere, lange Pointierungen brachten bisher lediglich Nullresultate. Offenbar ist die thermische Röntgenemission, die man von der Explosionsstoßwelle erwartet, noch unter der Nachweisgrenze, und gleichzeitig ist die expandierende Hülle noch zu dick, um den Blick auf den jungen Neutronenstern freizugeben, der ein starker Röntgenstrahler sein sollte.

Im übrigen brachten diese ersten Beobachtungen eine reiche Ausbeute. So wurden im Zentralgebiet der LMC insgesamt 45 Röntgenquellen gefunden. Die hellste Quelle im Bild ist LMC X-1 ein Röntgendoppelstern mit Massenakkretion auf ein kompaktes Objekt, bei dem es sich wahrscheinlich um ein Schwarzes Loch handelt. Die ROSAT-Aufnahme zeigt auch zum ersten Mal die detaillierte Struktur der diffusen Röntgenemission der Großen Magellan'schen Wolke. Sie stammt von einem heißen Plasma ( $10^6$  K), das vermutlich im wesentlichen durch Supernovaexplosionen geheizt wird. Besonders hell ist der 30-Doradus-Komplex, auch Tarantelnebel genannt, eine bekannte Sternentstehungsregion, dessen diffuse Röntgenemission von jungen heißen Sternen bzw. ihren Supernovaexplosionswolken herrühren dürfte. Diese Interpretation wird durch die Tatsache gestützt, daß die hellste Quelle im Tarantelnebel ein Supernovaüberrest ist.

Als besonders interessant erwiesen sich zwei sehr helle Objekte, die im ROSAT-Bild eine lila Farbe haben. Eine dieser „superweichen“ Quellen war seit langem bekannt und als Doppelsternsystem identifiziert [10]. Aber aufgrund der guten Spektralauflösung von ROSAT zeigte sich erstmals, daß sie eine ganz besonders niedrige Temperatur besitzt: 400–500 tausend Grad. Dabei ist ihre Energieabstrahlung mit  $10^{31}$  Watt so hoch wie bei den hellsten Röntgendoppelsternen, deren Temperatur jedoch um einen Faktor 100(!) größer ist [10].

Für die andere superweiche Quelle ergaben sich ähnliche Werte, nur daß diese Quelle vor ROSAT nicht sichtbar gewesen war. Im weiteren Verlauf fanden wir in der Großen Magellan'schen Wolke noch zwei weitere derartige Quellen, von denen eine während der Durchmusterung aus dem Nichts heraus aufleuchtete. Auch in der Kleinen Magellan'schen Wolke haben wir vier dieser merkwürdigen Objekte gefunden, neben einigen weiteren in anderen nahen Galaxien.

Zwar ist die genaue Natur dieser Quellen noch nicht endgültig geklärt; aber aufgrund der großen Leuchtkraft kommen nur Röntgendoppelsterne in Betracht. Die Frage ist dann, ob der röntgenemittierende Begleiter ein Weißer Zwerg, ein Neutronenstern oder



ein schwarzes Loch ist. Inzwischen mehren sich die Anzeichen, daß Weiße Zwerge dahinterstecken [11]. Derartige „kataklysmische Variable“ sind zwar seit langem bekannt, aber ihre Röntgenabstrahlung ist viel niedriger ( $10^{27}$  Watt) und die Temperaturen viel höher (50 Millionen Grad) als die der superweichen Quellen.

Worin besteht der Unterschied? Bereits in den siebziger Jahren hatten Theoretiker darauf hingewiesen, daß es bei hohen Massenübergangsraten auf der Oberfläche des Weißen Zwerges zur stationären Kernfusion kommen kann [12, 13]. Die erforderlichen Raten liegen je nach Masse des Weißen Zwerges in einem engen Intervall, nämlich zwischen  $10^{-7}$  und  $4 \times 10^{-7} M_{\odot}$  /Jahr. Sind sie kleiner, so kommt es nicht zur stationären Verbrennung. Ist die zugeführte Masse zu groß, schwillt die Brennzzone an und entwickelt sich zur Hülle eines Roten Riesen, die alles unter sich begräbt. Die Vermutung ist also, daß es sich bei den superweichen Quellen von ROSAT gewissermaßen um Fusionsreaktoren handelt: Dies ist eine interessante astrophysikalische Situation, denn im allgemeinen findet ja die Fusion unsichtbar tief im Inneren der Sterne statt.

Derartige Objekte sind aber noch aus einem ganz anderen Grund bedeutsam: bei den Massenübertragungsraten dauert es nur wenige Millionen Jahre, bis der Weiße Zwerg seine obere Grenzmasse ( $1.4 M_{\odot}$ ), die Chandrasekhar-Grenze, erreicht hat. Er muß dann kollabieren, was zu einer Supernova-Explosion vom Typ Ia Anlaß gibt. Supernova-Explosionen dieses Typs sind dafür bekannt, daß sie sehr einheitliche Lichtkurven haben, weshalb sie sich besonders gut für kosmologische Entfernungsbestimmungen eignen.

## Der Andromedanebel

Der Andromedanebel (M31) gehört zur lokalen Gruppe und ist unserer Milchstraße hinsichtlich Spiralstruktur und Größe sehr ähnlich. Mit dem Einstein-Observatorium wurden in M31 knapp hundert helle Röntgenquellen registriert [14]. Im Sommer 1991 wurde diese Galaxie mit ROSAT beobachtet, wobei insgesamt etwa 400 Quellen gefunden wurden (Abb. 10). Ein kleiner Teil davon konnte bisher mit optischen Objekten identifiziert werden, unter ihnen 26 Röntgenquellen in Kugelsternhaufen. Dabei handelt es sich um Röntgendoppelsterne, die auf seltsame Weise entstehen, nämlich durch den Einfang eines Neutronensterns durch einen massearmen Stern. Auch einige Supernovaeüberreste gehören zu den identifizierten Quellen. Vor allem aber befinden sich unter den Röntgenquellen im Andromedanebel einige der superweichen Quellen, die im vorigen Abschnitt diskutiert wurden.

Übrigens ist die Gesamtzahl der ROSAT-Quellen im Andromedanebel größer als die Zahl der Objekte, die der Röntgensatellit Uhuru in der ersten Himmelsdurchmusterung 1972 am ganzen Himmel entdeckte. Bei den Uhuru-Quellen handelte es sich um die hellen Röntgendoppelsterne und Supernovawolken unserer Milchstraße. Mit ROSAT sehen wir im wesentlichen die gleichen Objekte in einer Galaxie, die 2 Millionen Lichtjahre entfernt ist. Nichts verdeutlicht besser den enormen Fortschritt, den die Röntgenastronomie in den letzten 20 Jahren gemacht hat.



## Starburst-Galaxien

In normalen Galaxien ereignen sich einige wenige Supernovaexplosionen pro Jahrhundert, die die galaktische Scheibe mit heißem Gas, also „thermischem“ Plasma und kosmischer Strahlung, also „relativistischem“ Plasma füllen. In den sogenannten Starburst-Galaxien ist die Supernovarate erheblich größer. Dies führt zu einem Überdruck des thermischen und des relativistischen Plasmas, der zu einem Entweichen aus der Scheibe führt. Bei verschiedenen Starburst-Galaxien gibt es Beobachtungshinweise auf „Schornsteine“, durch die das Material nach außen entkommt und auch auf Halos, die sich daraus oberhalb der Scheibe bilden. Eine der offenen Fragen ist dabei, welches die dominierende Komponente ist. Reißt das thermische Plasma die relativistischen Teilchen und die Magnetfelder mit, oder ist es umgekehrt?

Bei NGC 253 fand man mit dem Einstein-Observatorium heißes Plasma bis zu einer Höhe von 4000 Lichtjahren über der galaktischen Scheibe. Mit ROSAT ist es nun möglich geworden, diesen galaktischen Halo zum ersten Mal in voller Pracht zu sehen (Abb. 11). Die Emission erstreckt sich bis hin zu einer Höhe von 30.000 Lichtjahren. Die Strahlung stammt von einem heißen Plasma, dessen Temperatur zwei Millionen Grad und dessen Dichte  $2 \times 10^{-3}$  Atome/cm<sup>3</sup> ist. Die Masse dieses gewaltigen Gebildes beträgt mindestens  $5 \times 10^6 M_{\odot}$  [15].

Interessanterweise ist bei NGC 253 ein Halo ähnlicher Größe kürzlich auch mit dem „Very Large Array“ im Radiobereich entdeckt worden, wobei die Emission durch Synchrotronstrahlung relativistischer Elektronen entsteht [16]. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Energiedichte bzw. den Druck der relativistischen Teilchen zu bestimmen und mit den entsprechenden Werten zu vergleichen, die sich aus den ROSAT-Daten für das thermische Plasma ergeben. Wir fanden, daß der Druck des thermischen Plasmas etwa zwanzig mal größer ist, und das bedeutet, daß das Plasma die relativistischen Teilchen und Magnetfelder mitnimmt.

Eine andere Frage ist, wie groß die Masse der Galaxie sein muß, um den Halo gravitativ zu binden. Dabei ergibt sich ein Wert von  $5 \times 10^{10} M_{\odot}$ , was in recht guter Übereinstimmung ist mit den Massewerten, die man mit Hilfe des 3. Kepler'schen Gesetzes aus den Rotationskurven der Galaxie ableitet. Diese Masse ist erheblich größer als die in Form von Sternen sichtbare Masse, d.h. die Existenz dunkler Materie findet hier eine neue und unabhängige Bestätigung.

## Galaxienhaufen

Bekanntlich sind die Galaxien im Kosmos nicht statistisch gleichmäßig verteilt, sondern z. T. in Galaxienhaufen versammelt. Dabei handelt es sich um die größten physikalischen Gebilde, und es ist seit langem bekannt, daß sie starke, räumlich ausgedehnte Röntgenquellen sind. Ihre Röntgenemission stammt von einem heißen Plasma, das bei Kollisionen von Galaxien aus diesen herausgefeht und aufgeheizt wurde und im Gravitations-Potentialtopf des Haufens gefangen ist. Zusätzlich fällt primordiales Gas von

Tabelle 3: Masse des heißen Plasmas und Gravitationsmasse von Galaxienhaufen [20]

| Haufen    | $R_x$<br>(Mpc) | $M_{\text{grav}}$<br>( $10^{14}M_\odot$ ) | $M_{\text{gas}}$<br>( $10^{14}M_\odot$ ) | $M_{\text{gas}}/M_{\text{grav}}$ |
|-----------|----------------|---|--|----------------------------------|
| Perseus   | 3.0            | 10–26                                     | 3.2–4.3                                  | 0.13–0.43                        |
| Coma      | 4.0            | 11–28                                     | 3.8–4.8                                  | 0.14–0.44                        |
| M87 halo  | 1.8            | 1.3–6.6                                   | 0.3–0.4                                  | 0.05–0.31                        |
| Centaurus | 1.5            | 1.9–3.8                                   | 0.25–0.5                                 | 0.13–0.27                        |
| A 2256    | 4.0            | 12–46                                     | 3.9–4.0                                  | 0.12–0.45                        |

außen in den Haufen ein und wird dabei erhitzt. Abb. 12 zeigt das PSPC-Bild des Galaxienhaufens Abell 2256, der eine Milliarde Lichtjahre entfernt ist und auf optischen Platten 170 Galaxien erkennen läßt [17]. Die Röntgenemission besitzt eine deutliche Doppelstruktur, d. h. es handelt sich eigentlich um zwei Haufen. Der linke Teilhaufen ist auf eine cD-Galaxie, also einer Riesengalaxie, zentriert. Vermutlich ist dieses Objekt im Zuge von Zusammenstößen auf Kosten seiner Stoßpartner gewachsen – ein Phänomen, das in Galaxienhaufen häufig auftritt und für das der Begriff „galaktischer Kannibalismus“ geprägt wurde. Das rechte Maximum, so zeigen nähere Untersuchungen der Röntgen- und der Radioemission, ist ein kleinerer Galaxienhaufen, der infolge der Massenanziehung auf den großen Haufen fällt.

Ein anderes Beispiel für einen solchen Vereinigungsprozeß ist der Coma-Haufen (Abb. 13), auf den offenbar ebenfalls ein kleinerer Haufen einstürzt. Auch der Coma-Haufen selbst, also das große Gebilde, besitzt eine innere Struktur, die auf frühere, noch „unverdaute“, Vereinigungsprozesse hindeutet [18]. ROSAT-Untersuchungen an anderen Objekten zeigen, daß diese Unterstrukturen in Galaxienhaufen eher die Regel als die Ausnahme sind. Sie sind ein direkter Beweis für die Hypothese einer hierarchischen Entwicklung der großen Strukturen, bei der die großen Einheiten durch die Vereinigung kleinerer Gebilde anwachsen [19].

Ähnlich wie bei dem Galaxienhalo von NGC 253 kann man fragen, wieviel Masse in dem heißen Plasma steckt, das für die Röntgenemission verantwortlich ist, und wieviel Masse vorhanden sein muß, um dieses heiße Gas gravitativ zu binden. Die Ergebnisse solcher Analysen sind in Tabelle 3 zusammengestellt [20]. Das besondere an diesen Untersuchungen ist, daß ROSAT es gestattet, die Emission des heißen Plasmas bis zu großen Radien ( $R_x$ ) zu messen. Die dabei gefundenen Massen des heißen Gases betragen bis zu einigen 100 Billionen Sonnenmassen, und diese Werte stellen typisch 10–40 % der gravitierenden Masse dar. Ein weiteres Ergebnis ist, daß die Masse des heißen Plasma die der sichtbaren Galaxien um etwa das Fünffache übersteigt, d. h. daß letztere eigentlich völlig unbedeutend in der gesamten Massenbilanz sind. Die meiste Masse (60–90 %) ist bisher unentdeckt und stellt somit „dunkle Materie“ dar.

Schließlich kann man mit Hilfe von Untersuchungen an Galaxienhaufen Kosmographie treiben, also die raumzeitliche Materieverteilung im Kosmos untersuchen. Von der ROSAT-Durchmusterung wird erwartet, daß sie alle Galaxienhaufen bis zu Rotverschiebungen von  $z = 0.3$  (entsprechend Entfernungen bis zu etwa 4 Milliarden Lichtjahren) zu entdecken gestattet, wobei es sich insgesamt um einige tausend Objekte handeln dürfte. Da die Galaxienhaufen lokale Dichtemaxima in der kosmischen Materieverteilung markieren, ist die Messung ihrer großräumigen Verteilung und Evolution von großem kosmologischen Interesse. Bei diesem langfristigen Programm, das einige Jahre dauern wird, geht es letztlich um die bisher ungeklärte Frage, wie sich aus dem so überaus homogenen und isotropen Feuerball des Urknalls die beobachteten großräumigen Strukturen entwickelt haben.

### **Quasare und die kosmische Hintergrundstrahlung im Röntgenbereich**

Noch größere Raumbereiche, nämlich bis zu Entfernungen von mehr als 10 Milliarden Lichtjahren, erschließen sich durch Untersuchungen von Quasaren, die das größte Kontingent der ROSAT-Survey-Quellen darstellen. Soweit man heute weiß, besitzen alle Quasare eine starke Röntgenemission, während die Radioemission bei der Mehrzahl unbeobachtbar ist („radioleise Quasare“). Die Messung der Röntgenstrahlung bietet deshalb eine besonders wichtige Möglichkeit, Quasare in einem Gewimmel von Sternen und Galaxien am Himmel zu finden. Allerdings braucht man, und das gilt auch für die Galaxienhaufen, optische Nachfolgebeobachtungen, um die Objekte zu identifizieren und anhand der Rotverschiebung ihre Entfernung zu bestimmen. Mit entsprechenden Beobachtungsprogrammen haben wir angefangen. Wir erhoffen uns davon neue Aufschlüsse über die kosmologische Verteilung der Quasare und damit über die Raum-Zeit-Struktur unseres Universums bzw. die Entwicklung dieser Objekte.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, daß mit der Himmelsdurchmusterung zum ersten Mal sehr große Zahlen von Quasaren und anderen aktiven Galaxien verfügbar werden, an denen synoptische Studien der Radio-, Infrarot-, optischen und Röntgeneigenschaften angestellt werden können. Man kann hoffen, dadurch weitere Hinweise auf die physikalische Natur der extremen Energieumsetzungen in diesen Objekten zu gewinnen. Beispielsweise besitzt der hellste Quasar, 3C 273, eine Gesamtenergieabstrahlung von etwa  $10^{14}$  Sonnen oder tausend Milchstraßen. Aus der Zeitvariabilität der Strahlung kann man schließen, daß das Emissionsgebiet sehr klein ist, nämlich nicht viel größer ist als unser Planetensystem. Das bevorzugte Modell ist deshalb ein supermassives Schwarzes Loch (bei 3C 273 etwa  $10^9 M_\odot$ ), das Materie mit einer großen Rate (etwa eine Erdmasse/sec) akkretiert. Dabei muß die Röntgenemission aus den inneren, heißen Bereichen der Akkretionsregion stammen, also von Materie emittiert werden, kurz bevor diese im Schwarzen Loch verschwindet. Man darf gespannt sein, was sich in diesem Zusammenhang aus den ROSAT-Beobachtungen an Neuem ergibt.

Wie in anderen Spektralbereichen, wird auch im Röntgenbereich eine quasi-isotrope Strahlung beobachtet, die aus den Tiefen des extragalaktischen Raumes stammt. In

Abb. 14 sieht man die Abschattung dieser Hintergrundstrahlung durch den Mond [21]. Eine offene Frage war für lange Zeit, ob es sich dabei um die Strahlung vieler, mit den derzeit verfügbaren Instrumenten noch nicht aufgelöster ferner Quasare und Galaxienhaufen handelt oder um die diffuse Emission eines heißen intergalaktischen Gases. Um diese Frage zu klären, muß man offenbar sehr „tiefe“ Beobachtungen machen, d. h. die Hintergrundstrahlung in Punktquellen aufzulösen versuchen. Bereits während der frühen Kalibrationsphase hatten wir mit ROSAT die bis dahin „tiefste“ Beobachtung gemacht [22]. Später folgte eine noch längere (150.000 sec, Abb. 15) an einer Position im Großen Wagen, die einen besonders freien Blick aus der Milchstraße heraus gestattet. Damit wurden die Beobachtungsgrenzen gegenüber früheren Messungen um einen Faktor zehn hinausgeschoben. Eine vorläufige Auswertung ergibt, daß mindestens 75 % der Hinter-

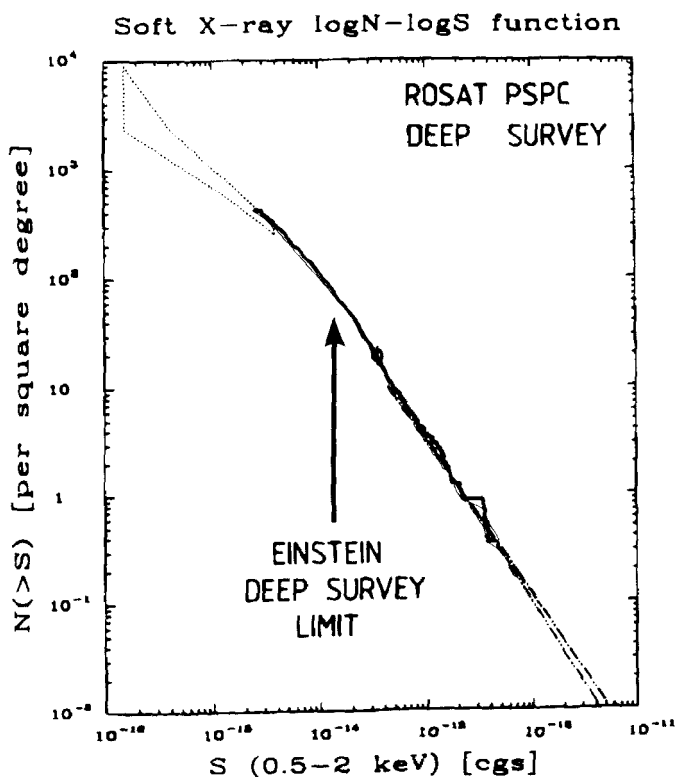


Abb. 16

Abhängigkeit der Zahl der Quellen pro Quadratgrad von der Röntgenintensität der Quellen. Eingezeichnet ist auch die bisherige Maßgrenze, die mit dem Einstein-Observatorium erreicht wurde.

grundstrahlung in Punktquellen aufgelöst wird. Dabei werden mehr als 400 Quellen pro Quadratgrad gezählt! Der größte Teil dieser Objekte sind Quasare bei Rotverschiebungen von  $z = 1$  bis 2. Damit ist das Problem des diffusen Röntgenhintergrunds weitgehend gelöst [23].

Von besonderem Interesse ist, wie die Zahl der Quellen am Himmel mit abnehmender Röntgenintensität zunimmt. Für eine homogene Verteilung von einem euklidischen Universum gilt für die Zahl  $N$  der Quellen mit einem Fluß größer als  $S$

$$N(> s) \sim S^{-3/2},$$

weil die Intensität proportional zum Quadrat der Entfernung  $d$  abfällt ( $d^{-2}$ ), während das beobachtete Volumen mit  $d^3$  anwächst.

Die tiefsten Beobachtungen mit dem Einstein-Observatorium ergaben Werte für den Exponenten nahe bei  $-3/2$ . Die ROSAT-Messungen zeigen zum ersten Mal, daß sich beim Übergang zu noch schwächeren Quellen die Kurve abflacht (Abb. 11). Dies ist entweder auf die Raumkrümmung oder auf eine zeitliche Evolution der Quasare in den frühen Epochen der kosmischen Expansion zurückzuführen.

Ein besonderes Problem bei diesen Untersuchungen ist die Identifizierung der schwachen Röntgenobjekte durch optische Nachbeobachtungen und die Bestimmung ihrer Rotverschiebung, also der Entfernung. Dazu wurden die leistungsfähigsten Teleskope genutzt, vor allem der 5 m-Spiegel auf dem Mt. Palomar. Es ist jedoch praktisch unmöglich, damit die Quellen zu erfassen, deren Röntgenfluß kleiner als etwa  $10^{-14}$  erg/cm<sup>2</sup>s ist (vgl. Abb. 16). Wir warten deshalb derzeit auf die nächste Generation von optischen Großteleskopen, um den Vorstoß ins Unbekannte fortzusetzen.

## Literatur

- [1] Giacconi, R. et al.: Phys. Rev. Lett. **9**, 439 (1962).
- [2] Forman, W. et al.: ApJ. Suppl. **38**, 357 (1978).
- [3] Wolter, H.: Annalen der Physik **10**, 94 (1952).
- [4] Trümper, J. E.: Physikalische Blätter **46**, 197 (1990).
- [5] Aschenbach, B., COSPAR meeting Washington, Symp.-E2, submitted to Advance in Space Research (1993)
- [6] Pfeffermann, E. et al.: Astron. and Astrophys. Letters **246**, L28–L31 (1991)
- [7] Trümper, J. E. et al.: Nature **349**, 579, (1991)
- [8] Sunyaev, R. et al.: Nature **330**, 227 (1987).
- [9] Aschenbach, B. et al.: Nature **330**, 232 (1987)
- [10] Greiner, J. et al.: Astron. and Astroph. Letters **246**, L1–L20 (1991)
- [11] van den Heuvel, E. P. J. et al.: Astron. Astrophys. **262**, 87 (1992).
- [12] Paczynski, B., and Zytlow, A. N.: ApJ. **222**, 604 (1978).
- [13] Iben, I.: ApJ. **259**, 244 (1982).
- [14] Fabbiano, G. et al.: ApJ. **316**, 127 (1987).
- [15] Pietsch, W., and Trümper, J.: to be published in Astron. Astrophys. (1993).
- [16] Carilli, C. L. et al.: ApJ **399**, L59 (1992).
- [17] Briel, U. et al.: Astron. and Astroph. Letters **246**, L10–L13 (1991).

- [18] White, S. D. M. et al.: Mon. Not. R. Astron. Soc. **261**, L8 (1993)
- [19] Henry, J. P., and Briel, U. G.: COSPAR meeting Washington, Symp.-E2, submitted to Advance in Space Research (1993).
- [20] Böhringer, H.: COSPAR meeting Washington, Symp.-E2, submitted to Advance in Space Research (1993).
- [21] Schmitt, J. H. M. M. et al.: Nature **349**, S. 583–587 (1991).
- [22] Hasinger, G. et al.: Astron. and Astroph. Letters **246**, L2–L5 (1991)
- [23] Hasinger, G. et al.: submitted to Astron. Astrophys. (1993)

---

Prof. Dr. Joachim Trümper  
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik  
Gießenbachstraße · D-85740 Garching



# FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

## Ansprache und Bericht des Präsidenten der BWG

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. WERNER LEONHARD

Hohe Festversammlung, liebe Freunde der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, meine sehr verehrten Damen und Herren,

jedes Jahr um diese Zeit (wenn die erste Hitzewelle vorbei ist) lädt die BWG zu ihrer Jahresversammlung ein, um der interessierten Öffentlichkeit über den Verlauf des letzten Jahres zu berichten und um einen neuen Träger der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille vorzustellen, diesmal den 47. in ihrer fast 50jährigen Geschichte. Ich möchte Ihnen allen sehr herzlich für Ihr Interesse danken, das Sie nach Braunschweig geführt hat, eine Stadt, die nun nicht mehr am Rande der Bundesrepublik und an einer geopolitischen Bruchlinie liegt. Mein besonderer Gruß gilt den Präsidenten und Vertretern befreundeter Akademien, Universitäten und wissenschaftlichen Institutionen und den Vertretern der Landes- und Bezirksregierung, die ihre schützende Hand über uns halten. Der Stadtverwaltung danken wir für ihre Hilfe und die uns hier in diesem historischen Rahmen gewährte Gastfreundschaft. Schließlich gilt unser Gruß den Vertretern der Gerichtsbarkeit und der Behörden sowie der Öffentlichkeit und der Medien, die Interesse an unserer Arbeit nehmen.

Begrüßen möchte ich alle unsere ordentlichen und korrespondierenden Mitglieder, vor allem aber Herrn Prof. *Voigt*, den diesjährigen Träger der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille.

Schließlich gilt mein Dank der Gruppe von Künstlern, die sich in liebenswürdiger Weise bereitgefunden haben, unsere Feier mit dem Klang eines Mendelssohn'schen Quartetts zu umrahmen.

Meine Damen und Herren,

das vergangene Jahr hat einen Wechsel im Präsidium der BWG notwendig gemacht. Herr *Oberbeck*, der sechs Jahre lang mit Umsicht, Einfühlungsvermögen, Sachkenntnis und der Fähigkeit zum Ausgleich die Geschicke der BWG geleitet hat, wollte sich nicht nochmals einer zweifelsfrei wiederum einmütigen Wiederwahl stellen, um sich wieder stärker seinen geographischen Studien zuwenden zu können. Damit begann die Suche nach neuen Kandidaten; sie verlief, wie in solchen Fällen häufig, nach dem Prinzip der schwächsten Gegenargumente, bei dem jeder auf die Vorzüge anderer Kandidaten verweist. Ich habe diesen „invertierten Wahlkampf“ verloren, und so bekam die BWG einen neuen Präsidenten, mit allen Risiken eines Präsidentenwechsels. Ich möchte allen Kollegen für das mir erwiesene Vertrauen danken. Meinem Vorgänger, Herrn *Oberbeck*, spreche ich den Dank der BWG für die ihr gewidmete Mühe und Arbeit aus, er hat sich bleibende Verdienste um die Wissenschaftliche Gesellschaft erworben.



## Nachrufe

Auch im vergangenen Jahr hatte die BWG wieder einige Todesfälle von Mitgliedern zu beklagen.

Am 1. 9. 92 starb Karl-Hermann *Körner* im Alter von 51 Jahren, Mitglied der BWG seit 1990. Er war ordentlicher Professor an der TU Braunschweig und Honorarprofessor an der Universität Göttingen.

Als Wissenschaftler der romanischen und allgemeinen Sprachwissenschaft hat Herr *Körner* durch literaturwissenschaftliche Forschung und als Mitglied zahlreicher Wissenschaftsgremien international Anerkennung gefunden.

Am 17. 9. 92 verstarb im Alter von 73 Jahren Martin *Gosebruch*, Mitglied der BWG seit 1971. Er war bis zu seiner Emeritierung ordentlicher Professor am Institut für Kunstgeschichte der TU Braunschweig.

Herr *Gosebruch* war ein Wissenschaftler von hohem Rang auf dem Gebiet der Kunstgeschichte, der durch zahlreiche Veröffentlichungen international bekannt war.

Durch seine Persönlichkeit und sein Wirken hat er wesentlich zum Ansehen unserer Gesellschaft beigetragen. So war er acht Jahre lang Vorsitzender der Klasse für Geisteswissenschaften, und zehn Jahre lang leitete er die Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte.

Am 30. 11. 92 starb im Alter von 90 Jahren Gotthold *Pahlitzsch*, ältestes Mitglied der BWG seit 1944. Er war bis zu seiner Emeritierung ordentlicher Professor am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik und Direktor des Instituts für Schleif- und Poliertechnik der TU Braunschweig.

Seine Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Fertigungstechnik und der Holzbearbeitung waren herausragend und wurden international vielfach geehrt. Er hat bis zuletzt aktiv am wissenschaftlichen Leben der Hochschule teilgenommen.

Am 31. 12. 92 starb im Alter von 86 Jahren Hans Herloff *Inhoffen*, Mitglied der BWG seit 1946. Er war bis zu seiner Emeritierung ordentlicher Professor für Organische Chemie an der TU Braunschweig, die er von 1948 bis 1950 als Rektor leitete.

Professor *Inhoffen* war Gründer des Instituts für Molekulare Biologie, aus der die heutige Gesellschaft für Biotechnologische Forschung hervorgegangen ist, und arbeitete richtungsweisend an der Vitamin- und Hormonforschung, was ihm internationale Anerkennung einbrachte. Er wurde vielfach ausgezeichnet und war Mitglied mehrerer wissenschaftlicher Akademien. Von 1949 bis 1950 war Herr *Inhoffen* Präsident der BWG.

Ich danke Ihnen, daß Sie sich zu Ehren der Verstorbenen von Ihren Plätzen erhoben haben.

### Zuwahlen und personeller Stand der BWG

In zwei Wahlsitzungen wählte das Plenum der BWG auf Vorschlag der Klassen mehrere neue Mitglieder:

- aus der Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik  
 Dr. rer. nat. Heiko *Harborth*,  
 Professor für Diskrete Mathematik an der TU Braunschweig  
 Dr. rer. nat. Georg Johann *Rieger*,  
 o. Professor für Mathematik an der Universität Hannover;  
 sowie als Korrespondierendes Mitglied  
 Dr. rer. nat. habil. Dr. rer. nat. h. c. Hermann *Witting*,  
 o. Professor für Mathematik an der Universität Freiburg;
- aus der Klasse für Geisteswissenschaften  
 Dr. phil. habil. Bernd *Schneidmüller*,  
 o. Professor für Mittelalterliche Geschichte an der TU Braunschweig;  
 sowie als korrespondierende Mitglieder  
 Dr. phil. Dr. phil. h. c. Elisabeth *Ströker*, Köln,  
 o. Professorin für Philosophie an der Universität Köln;  
 Frau Ströker ist den Älteren unter uns aus ihrer Braunschweiger Zeit noch gut bekannt.  
 Dr. phil. habil. Ernst *Ullmann*, Leipzig,  
 o. Professor für Kunstgeschichte an der Universität Leipzig;
- aus der Klasse der Bauwissenschaften  
 Dr.-Ing. Werner *Zielke*,  
 o. Professor für Strömungsmechanik an der Universität Hannover;
- schließlich aus der Klasse der Ingenieurwissenschaften  
 Dr.-Ing. Elmar *Steck*,  
 o. Professor für Allgem. Mechanik an der TU Braunschweig.

Damit zählt die BWG heute insgesamt 119 ordentliche Mitglieder, darunter 75 unter 70 Jahren, sowie 70 korrespondierende Mitglieder. Das Problem der Altersstruktur ist allen Akademien und Wissenschaftlichen Gesellschaften vertraut, doch hat man dafür noch keine Lösung gefunden.

## Satzungsänderung

Die BWG umfaßt gemäß ihres Selbstverständnisses, abweichend von den klassischen Akademien, auch Mitglieder aus den technischen Disziplinen, die bisher in den Klassen für Bauwissenschaften und Ingenieurwissenschaften geführt wurden. Um diese Situation zu vereinfachen und die BWG an die Organisationsform anderer Wissenschaftlicher Gesellschaften und Akademien mit üblicherweise drei Klassen heranzuführen, wurde schon vor einigen Jahren eine Neuorganisation angestrebt, die nun nach Überwindung verwaltungsbedingter Hürden (es mußten drei Landesministerien zustimmen) rechtskräftig geworden ist. Demnach besteht die BWG künftig aus den drei Klassen

- für Mathematik und Naturwissenschaften,
- für Geisteswissenschaften und
- für Ingenieurwissenschaften, in denen die Vertreter aller technischen Disziplinen zusammengefaßt sind.

## Aus der Arbeit der Kommissionen

### *Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte*

Daß die Kommission ungewöhnlich erfolgreich arbeitete und schon früh über die innerdeutsche Grenze hinweg auf mehreren Tagungen die mittelalterliche Kunst des einst altsächsischen Raums zu einem zentralen Forschungsthema der Bau- und Kunstgeschichte werden ließ, bleibt das Verdienst ihres langjährigen Vorsitzenden Prof. *Gosebruch*. Fünf Bände mit Tagungsergebnissen liegen innerhalb der Schriftenreihe der Kommission inzwischen gedruckt vor.

Die kommende Hauptaufgabe wird sein, die Zielsetzung der künftigen Arbeit zu klären und innerhalb der Schriftenreihe der Kommission die Ergebnisse der Tagungen „Goslar – Bergstadt – Kaiserstadt in Geschichte und Kunst“ (1989) und „Königtum und Kirche als Kulturträger im östlichen Harzvorland“ (1991) vorzulegen.

### *Kommission für Umwelt und Technik*

Unter der Leitung von Prof. *Jeschar* fand in Clausthal-Zellerfeld ein wissenschaftliches Symposium zum Thema „Technische Möglichkeiten zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes“ statt. Der thematische Schwerpunkt des ersten Tages betraf die wissenschaftliche Darstellung der anthropogenen Kohlendioxidproblematik (Kohlendioxidkreislauf, mögliche Klimaentwicklung etc.).

Am zweiten Tag des Symposiums wurden die verfahrenstechnischen Umsetzungsmöglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale (rationelle Energieanwendung; Einsatz neuer Kraftwerksgenerationen, z. B. Gas/Dampf-Turbinen-Kraftwerke; Deponierung von CO<sub>2</sub> in der Tiefsee; Einbindung von Kohlendioxid in Biomasse) diskutiert.

Das Interesse an diesem Symposium als Plattform für einen fachübergreifenden Gedankenaustausch erwies sich als so groß, daß für die Zukunft weitere Veranstaltungen in diesem Rahmen geplant sind.

*Kommission für Recht und Technik*

Dies ist ein zunehmend wichtiger werdendes Thema, wenn man bedenkt, in welchem Maß heute die Technik in unser aller Leben eingreift. Hier kann man sich auch als juristischer Laie viele Probleme vorstellen, die einer Klärung unter Zuhilfenahme juristischen und technischen Sachverständes bedürfen. Leider ist die Arbeit dieser Kommission bisher nicht in Gang gekommen. Hierfür sind sowohl finanzielle Anlaufschwierigkeiten maßgebend als auch die Tatsache, daß die Jurisprudenz an den Hochschulen im engeren Einzugsbereich der BWG nur schwach vertreten ist.

*Veröffentlichungen*

Im Berichtszeitraum erschienen Band 43 der Abhandlungen und das Jahrbuch 1992. Ferner konnte in der Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, noch unter Federführung von Herrn *Gosebruch*, der 5. Band „*Helmarshausen und das Evangeliar Heinrichs des Löwen*“ veröffentlicht werden.

Die in der TU Clausthal gehaltenen 18 Vorträge zur CO<sub>2</sub>-Problematik werden als Tagungsband herausgegeben.

*Aus den Sitzungen der BWG*

Der weite Bogen der von den Mitgliedern der BWG behandelten Themen läßt sich am besten durch die im vergangenen Jahr in den acht Plenarsitzungen gehaltenen Vorträge charakterisieren. In chronologischer Reihenfolge waren dies

- „Möglichkeiten und Grenzen der Klassierung von Partikeln im Größenbereich um und unter 1 µm“
- „Die Arminiuschlacht“
- „Kurzlebigen Molekülen auf der Spur“
- „Steuerung und Regelung in der elektrischen Energietechnik“
- „100 Jahre Diesel-Patent“
- „Neue Entwicklungen in der optischen Nachrichtentechnik“
- „Karolingische Raumplanung im eroberten Sachsen“
- „Molekulare Medizin: Verpassen wir eine Zukunftschance?“

In den Sitzungen der vier Klassen wurden fachlich enger gefaßte Themen behandelt:

- „Neue Befunde zur Paläo-Klimatologie Nordafrikas und Zentralasiens“
- „Entwurf verläßlicher Informationssysteme“
- „Gravitationswellen“
- „Verwilderung von Haustieren“
- „Gleiche Abstände in ebenen Punktmengen“
- „Damit die Ozonschicht nicht dünner wird – Thermodynamische Stoffdaten-forschung für den FCKW-Ersatz“
- „Bacchus – von Homer bis heute“

- „Goethe und Heinrich Meyer: Zu den römischen Anfängen der klassischen Weimarer Kunstlehre“
- „Oben und unten in der Architektur“
- „Die philosophischen Conceptionen der Mittleren Epoche“

In der Tat, ein vielfältiges Spektrum!

Schließlich sind in diesem Zusammenhang noch drei öffentliche Vorträge zu erwähnen, die vor einem Jahr die Jahresversammlung begleiteten:

- „Modellierung und Steuerung flexibler Fertigungssysteme mit Hilfe hierarchischer Petrinetz-Strukturen“
- „Automatisierungstechnik im Dienste einer umweltschonenden Landwirtschaft“ sowie
- „Zum Stand der autonomen Fahrzeugführung, ein Blick ins PROMETHEUS-Forschungsprogramm“.

Angesichts dieser verwirrenden Vielfalt liegt es nahe, kurz auf die allgemeineren Ziele einer wissenschaftlichen Gesellschaft einzugehen. Neben den langfristigen literarischen Vorhaben, im Fall der BWG etwa die Herausgabe der Werke von Wilhelm Raabe oder von Theodor Storm, ist das Leben einer wissenschaftlichen Gesellschaft im Idealfall vor allem durch den freien Gedankenaustausch und das zwanglose Gespräch zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen geprägt, die hier von der Theologie bis zur Elektrotechnik reichen. In den Sitzungen werden dabei Fragen erörtert, die außerhalb des engeren Arbeitsbereichs der meisten jeweils anwesenden Mitglieder liegen; hinzu kommen die Sitzungen der verschiedenen Klassen mit spezielleren Themen.

In der Wirklichkeit unterliegen natürlich alle Beteiligten dem Zeitdruck durch berufliche Verpflichtungen, Vorlesungen und andere Lehraufgaben, Forschungsvorhaben und die unvermeidliche Verwaltungstätigkeit. Die Suche nach sog. Drittmitteln, um Nachwuchskräften Gelegenheit zur wissenschaftlichen Entwicklung zu geben, erfordert an der Hochschule einen zunehmenden Teil der Arbeitskraft.

Als schwierig erweist sich die aktive Teilnahme am Leben einer wissenschaftlichen Gesellschaft für Mitglieder mit sehr speziellen Arbeitsfeldern, die weit abseits des allgemeinen Interesses liegen. Bei der BWG sind das vor allem die Vertreter der Naturwissenschaften und Technik, ihr Engagement erfordert zusätzliche Kraft und Zeit.

Weiterhin ist natürlich zu bedenken, daß unsere Kräfte nicht ausreichen, Antworten auf die wirklich großen und uns alle bedrängenden Fragen zu geben, etwa die

- der Überbevölkerung der Erde,
- des Raubbaus an Rohstoffen und der Schädigung der Umwelt, oder
- die in weiten Teilen der Erde herrschende Not, Ungerechtigkeit und Gewalt.

Da die Mitglieder aber aus sehr vielfältigen Richtungen kommen, lassen sich immerhin aus den Vorträgen und Gesprächen vertiefte Einsichten gewinnen, die sich zu einem

klarerer Bild der Wirklichkeit zusammenfügen und auch über den Kreis der Teilnehmer hinaus wirken können. Dazu gehören so einfache und im täglichen Leben doch meist verdrängte Wahrheiten, daß auf Dauer nicht alles zugleich zu haben ist:

- die Befreiung von schwerer körperlicher Arbeit durch den Einsatz von Naturenergie und Technik,
- sichere Arbeitsplätze
- eine unbegrenzte berufliche und private Mobilität,
- eine unversehrte Natur und Umwelt und schließlich
- gerichtlicher Anspruch auf absolute Sicherheit und Geborgenheit vor allen Gefahren der Technik (obwohl wir im Privaten bereit sind, enorme Risiken einzugehen, wenn es Vorteile bietet oder Vergnügen bereitet).

Genau dieses erwartet aber unsere Gesellschaft heute im Rahmen einer Bestandsicherung; wir sind anspruchsvoll wie Kinder, die den Kuchen essen und ihn gleichzeitig behalten wollen und fühlen uns darin manchmal durch Politiker bestärkt, die uns eigentlich sagen sollten, daß dies nicht möglich ist und daß wir wählen müssen: Mehr Mobilität oder mehr Natur, mehr Bequemlichkeit oder mehr Sicherheit. Hier kann auch eine kleine wissenschaftliche Gesellschaft mit weniger als 100 aktiven Mitgliedern, die sich auf freiwillige Mitarbeit stützt und deren Haushalt nur ein fünfzigstel dessen einer großen Akademie der Wissenschaften beträgt, einen Beitrag leisten, um aufzuklären und diese Fragen ins Bewußtsein zu heben.

Lassen Sie mich zusammenfassen:

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, die im nächsten Jahr auf ein fünfzigjähriges Bestehen zurückblicken kann, hat ein unspektakuläres, aber nicht erfolgloses Jahr hinter sich. Es war ihr möglich, ihre Ziele ungestört zu verfolgen und sie hat durch eine Organisationsreform Lebenskraft bewiesen. Die BWG als eine Körperschaft des öffentlichen Rechts ist auf die Zustimmung der sie tragenden Gesellschaft angewiesen; wir danken für diese Basis unserer Arbeit.

Doch kommen wir nun zurück zu dem Hauptthema unserer heutigen Jubiläumsversammlung, der Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille:

Die BWG hat auf Vorschlag ihrer Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften beschlossen, Herrn Prof. Dr. Hans-Heinrich Voigt aus Göttingen diese Ehrung zuteil werden zu lassen.

Ich möchte deshalb zunächst Herrn Prof. Dr. Kippenhahn bitten, die *Laudatio vorzutragen*.



**Laudatio  
zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille  
an Prof. Dr. Hans-Heinrich Voigt  
Universität Göttingen**

Von **Rudolf Kippenhahn**

Herr Präsident, lieber Herr Voigt, meine Damen und Herren,

der kleine Planet 4378 durchlief im Mai letzten Jahres den sonnennächsten Punkt seiner Bahn. Während seiner Umlaufzeit um die Sonne hält sich der von seinem Entdecker nach dem Göttinger Astronomen Hans-Heinrich Voigt benannte Planet stets zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter auf. Im Mai 1992 kam er der Bahn des Mars verhältnismäßig nahe, eine Gelegenheit, von der Erde aus, seine Bewegung genauer zu bestimmen. Seither wissen wir genau, wann der diesjährige Empfänger der Gauß-Medaille jeden Tag auf- und untergeht.

Während des Krieges tauchte in Göttingen der Student Hans-Heinrich Voigt auf, der gerade seinen Arbeitsdienst beendet hatte, um Astronomie, Mathematik und Physik zu studieren. Ein Jahr lang gab man ihm die Gelegenheit, dann wurde er zum Wehrdienst eingezogen. Er kam nach Rußland und Griechenland, bis er nach Kriegsende wieder in Göttingen landete, um dort sein Studium fortzusetzen. Im Jahr 1949 promovierte er bei Paul ten Bruggencate über detaillierte Eigenschaften einer Linie des Magnesiums im Spektrum der Sonne. Dann verließ er Göttingen und arbeitete bei Albrecht Unsöld in Kiel als DFG-Stipendiat. Dort entstanden Arbeiten über die quantitative Analyse eines Überriesensterns. Danach ging Voigt in die USA, um an der Lick-Sternwarte im Süden von San Francisco zu arbeiten; vor allem um die Absorptionslinien, welche das Natrium des interstellaren Gases den Spektren der Sterne aufprägt, zu untersuchen.

Schließlich kam er nach Göttingen zurück, wo er sechs Jahre lang als wissenschaftlicher Assistent arbeitete. Während dieser Zeit habilitierte sich Hans-Heinrich Voigt mit einer Arbeit, in der er Eigenschaften einer Spektrallinie des Sauerstoffs im infraroten Bereich des Spektrums zu erklären versuchte. Bei Sternen besteht die Schwierigkeit, daß ihr Licht nicht von einer gleichförmig hellen unbewegten Gasschicht ausgesandt wird, sondern von einem Medium in wallender Bewegung. Auf- und Abwärtsströme verändern ständig geringfügig die Wellenlänge des Lichtes. Bereiche verschiedener, ständig wechselnder Temperatur tragen zum Licht einer bestimmten Wellenlänge bei, bestimmen das Profil einer Spektrallinie und müssen bei der Spektralanalyse berücksichtigt werden. Zur Beschreibung hat sich dafür eine vereinfachte Darstellung, das sogenannte Dreistrom-Modell bewährt. Mit ihm konnte Voigt nicht nur infrarote Linien des Sauerstoffs, sondern auch des Elements Nickel erklären.

Im Jahre 1958 ging Voigt als Observator nach Hamburg, wo er später als Hauptobservator und als Privatdozent bis 1963 arbeitete. Während dieser Zeit war er an einer Erfassung der leuchtkräftigen Sterne in dem von der Nordhalbkugel aus sichtbaren Teil der Milchstraße wesentlich beteiligt. Leuchtkräftige Sterne sind wichtig: Sie sind verhältnis-



mäßig jung, durchlaufen ihre Entwicklung rasch, sie sind Kandidaten für spätere Supernova-Explosionen. Der Katalog, der in Hamburg entstand, war daher von entscheidender Bedeutung für die Astrophysik. Da Sterne in den Spiralarmen des Milchstraßensystems entstehen und die leuchtkräftigen von ihnen sich noch in der Nähe ihres Geburtsortes aufhalten, sind sie für die Erfassung der Struktur unseres Milchstraßensystems von Bedeutung. Da wir von anderen Galaxien höchstens die leuchtkräftigsten Sterne als Einzelobjekte erkennen können, gibt uns die Erfassung der leuchtkräftigsten Sterne unseres Systems gleichzeitig ein Hilfsmittel für das Studium anderer Sternsysteme in die Hand, zum Beispiel für die Bestimmung ihrer Entfernung und damit für die Festlegung der kosmischen Entfernungsskala.

Die Hamburger Zeit endete, als Voigt den Ruf auf den Lehrstuhl in Göttingen erhielt. Er wurde damit Nachfolger seines Doktorvaters Paul ten Bruggencate und hatte nun den Lehrstuhl inne, den auch schon Carl Friedrich Gauß wahrnahm. Damit begann die Zeit des Universitätslehrers Hans-Heinrich Voigt, aus dessen Grundvorlesung das Buch „Abriß der Astronomie“ hervorging, das in mehreren deutschen und in einer englischen Auflage vielen Anfängern durch das Studium geholfen hat. Hier wird auch die andere Seite des Hans-Heinrich Voigt sichtbar: Der Wissenschaftler, der sein Gebiet in großer Breite beherrscht, der es in Handbüchern zusammenfaßt und dem eine der folgenreichsten astronomischen Veröffentlichungen in Deutschland gelingt: Die „Denkschrift zur Lage der Astronomie“, die er im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1962 herausbrachte. Hier analysierte er die Situation seines Forschungsgebietes und zeigte, wo und wie in Deutschland gefördert werden mußte. Diese Schrift war lange Zeit die „Bibel“ für die Geldgeber in den Ministerien und in der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die sie eigentlich nur nachzubeten brauchten, um die Mittel in der Astronomie optimal zu verteilen. Leider wurde in den darauffolgenden Jahren das Geld knapp und so manche Panne in der Wissenschaftsförderung unseres Faches ist darauf zurückzuführen, daß man den Voigtschen Empfehlungen nicht immer folgen konnte. Trotzdem: Die Denkschrift hat unter anderem die Gründung von drei astronomischen Max-Planck-Instituten angeregt. Heute morgen haben uns die Direktoren dieser drei Institute ihre neuesten, beeindruckenden Ergebnisse vorgeführt.

Ich habe einen Teilbereich der Voigtschen Aktivitäten noch nicht erwähnt: sein Interesse für die Geschichte der Wissenschaften. Seit Jahrzehnten steht er in Göttingen der Gauß-Gesellschaft vor, der Gesellschaft, in der nicht nur das Andenken an den großen Gauß gepflegt wird, in der darüber hinaus immer wieder neue Einzelheiten aus seinem Leben ans Tageslicht gebracht werden.

Vor etwa 15 Jahren veranstaltete die Astronomische Gesellschaft ihre Frühjahrstagung in Göttingen. Herr Voigt stellte sie unter das Motto der Werke seines Amtsvorgängers Carl Friedrich Gauß. Die Redner gaben sich redliche Mühe, in ihren Vorträgen mindestens einmal Gauß zu erwähnen. Ich erinnere mich des Vortrages von Herrn Trümper, dessen Röntgensatellit heute die Erde umkreist. Er berichtete, wie es ihm und seinen Mitarbeitern gelungen war, vom Ballon aus die Stärke des Magnetfeldes eines Neutronensterns zu messen. Das Feld hatte eine Stärke von  $10^{11}$  Gauß. – Trümper hatte die Gauß-Zitate seiner Vorredner um ein Vielfaches übertroffen!

Herr Voigt hat sich aber auch der Persönlichkeit und dem Werk des anderen großen Göttinger Astronomen verschrieben: Karl Schwarzschild, dessen gesammelte Werke er vor kurzem herausgab. Wenn man Hans-Heinrich Voigt in einem seiner Vorträge von Karl Schwarzschild erzählen hört, möchte man annehmen, er wäre ihm persönlich begegnet.

Ich selbst habe das Glück gehabt, zehn lang Jahre mit Hans-Heinrich Voigt gemeinsam die Göttinger Sternwarte zu leiten. In dieser Zeit liegen die schönsten Berufsjahre meines Lebens. Ich habe ihn bewundert, wie er in der schweren Zeit der 60er Jahre als Rektor die Zügel unserer Alma Mater geschickt führte, wie er Sitzungen ruhig durchzog, während wir jeden Augenblick erwarteten, daß die grölenden und revoltierenden Studenten von draußen in den Sitzungssaal eindringen würden. Ich habe es genossen, wie wir gemeinsam versuchten, ein großes Rechenzentrum der Universität zu schaffen und wie wir dabei gegen die Widerstände in unserer eigenen Universität angehen mußten, die man vereinfachend zusammenfassen kann in die Worte: „lieber kein Rechenzentrum als eines mit der Max-Planck-Gesellschaft gemeinsam“, und wie es uns trotzdem gelang, dank der Pffiffigkeit von Magnifizenz Hans-Heinrich Voigt, das Rechenzentrum doch noch durchzusetzen.

Ich habe einige Aspekte der Person des Empfängers der Gauß-Medaille genannt. Ich will nur noch eines hinzufügen: Es ist für mich eine große Ehre und eine große Freude, daß ich die Laudatio halten durfte.

## **Dankrede und wissenschaftlicher Vortrag des Gauß-Preisträgers 1993, Hans-Heinrich Voigt**

Sehr verehrter Herr Präsident, meine sehr verehrten Damen und Herren,

Als erstes möchte ich Ihnen, verehrter Herr Präsident Leonhard, Ihnen, lieber Herr Altpräsident Oberbeck, und mit Ihnen beiden der ganzen Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft meinen ganz herzlichen Dank sagen für die große Ehre, mich mit der diesjährigen Carl-Friedrich-Gauß-Medaille auszuzeichnen. Das war für mich auf der einen Seite eine große Überraschung, denn ich könnte ihnen etliche Namen von Kollegen nennen, die meiner Ansicht nach aufgrund ihrer wissenschaftlichen Leistung diese Auszeichnung sicher eher verdient hätten. Es war für mich aber natürlich auch eine große Freude, daß mir als siebtem Nachfolger auf dem Lehrstuhl von Gauß diese Ehre zuteil wurde.

Infolge etlicher Ämter, die ich im Laufe der Jahre innehatte – als Direktor der Göttinger Sternwarte, als Vorsitzender der Gauß-Gesellschaft, als Rektor der Universität Göttingen und als Präsident der Göttinger Akademie – bin ich in den vergangenen 30 Jahren sehr häufig Gast Ihrer Veranstaltungen gewesen und glaube, in dieser Zeit ein freundschaftliches Verhältnis zur BWG und etlichen Ihrer Mitglieder entwickelt zu haben. Vor allem denke ich auch an unsere intensive und gute Zusammenarbeit bei der Vorbereitung des Gauß-Jubiläums 1977. Für die dabei stets freundliche, ja herzliche Aufnahme in Ihrem Kreis möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank sagen.

Wie Sie Herrn Kippenhahns wohlwollender Laudatio entnommen haben, beschäftige ich mich schon seit längere Zeit nicht mehr mit ganz speziellen wissenschaftlichen Problemen an der Front der Forschung, sondern betätige mich mehr als Herausgeber von Büchern, in denen ich die Spezialarbeiten andere zu koordinieren versuche, oder als Autor von Büchern, die die gesamte Astronomie mehr in der Breite als in der Tiefe behandeln.

Entsprechend diesen Interessen habe ich auch für meinen Vortrag heute kein Spezialthema gewählt, sondern ein Thema, daß Ihnen über einen mir wichtig erscheinenden Aspekt eine Übersicht über die Entwicklung der letzten 50 Jahre geben soll.

HANS-HEINRICH VOIGT, Göttingen

## Die Eroberung neuer Spektralbereiche in der Astronomie\*

Als ich vor rund 45 Jahren mit meiner wissenschaftlichen Laufbahn begann, zählte die Astronomie zu den „Orchideenfächern“. Hiermit charakterisierte man in der ersten Aufbauphase der Universitäten nach dem Kriege Fächer, die sich weitab vom Massenbetrieb der Universität im kleinen Kreis mit nur wenigen Studenten der Forschung eines besonderen Spezialgebietes widmen konnten. Arabistik, Urgeschichte, Palynologie und eben auch Astronomie zählten zu diesen Orchideenfächern oder wurden zumindest dafür gehalten. Heute dürfte die Astronomie hinsichtlich ihres technischen Aufwands nach der Kernphysik an zweiter Stelle stehen und gehört, wie man sagt, zum „Big Science“. Charakteristisch dafür ist vielleicht, daß sich in Deutschland vier Max-Planck-Institute der astronomischen Forschung widmen, und es ist wohl kein Zufall, daß die jetzigen oder früheren Direktoren dieser vier Institute alle heute hier zu Wort gekommen sind. Es muß also einiges passiert sein, wenn sich die Einstufung der Astronomie dermaßen geändert hat.

Es sind ganz unterschiedliche Dinge, die diese rasante Entwicklung bedingt haben. Da ist zum Beispiel die Entwicklung der Computer, die es erlauben, komplizierte Differentialgleichungs-Systeme numerisch zu lösen, die früher nicht zu handhaben waren, die es erlauben, ungeheurere Datenmengen zu verarbeiten (eine moderne CCD-Kamera liefert alle paar Minuten Millionen Einzeldaten), und anderes mehr. Aber das betrifft nicht nur die Astronomie sondern praktisch alle Wissenschaftsgebiete. Ein anderes ist die „Weltraumforschung“, also die Möglichkeit, mit Hilfe von Satelliten und Raumfähren Messungen „in situ“, also an Ort und Stelle durchzuführen. Denken Sie an Voyager 2, der in einem 12jährigen Flug die Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun besuchte und phantastische Aufnahmen von den Oberflächen der Planeten, von ihren Ringen und ihren Monden, die wir bis dahin nur als schwache Pünktchen oder gar nicht kannten, herunterfunkten; denken Sie an die weichen Landungen auf dem Mond, der Venus und auf dem Mars, oder an die Giotto-Mission zum Halleyschen Kometen. Ein ungeheurer Erfolg für die Erforschung unseres Planetensystems, das aber nur einen kleinen Ausschnitt aus dem weiten Bereich der Astronomie darstellt. Typisch für die Astronomie insgesamt und typisch speziell für die Astronomie scheint mir eine andere Entwicklung zu sein: das Vordringen in neue Spektralbereiche. Hierüber möchte ich in den nächsten 40 Minuten ein wenig berichten und damit auch eine Art Rahmen geben zu dem, was wir heute vormittag in drei Spezialvorträgen aus dem Bereich der Radio-, der Infrarot- und der Röntgenastronomie gehört haben.

Wir wollen uns dazu das Spektrum der elektromagnetischen Wellen noch einmal vergegenwärtigen (Abbildung 1):

---

\* Vortrag anlässlich der Verleihung der Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 11. 06. 1993.




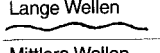
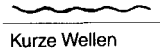
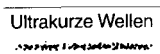





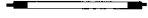


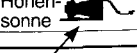



| Wellenlänge | Frequenz [Hz]     | Wellen- und Strahlenart           |   |
|-------------|-------------------|-----------------------------------|---|
| 10 000 km   | 30                | Niederfrequenz<br>Wellen          | Technischer Wechselstrom<br>16 $\frac{1}{3}$ bzw. 50 Schwingungen je Sekunde  |
| 1000 km     | 300               |                                   | Sprach- und Musikschwingungen elektrischer Ströme                              |
| 100 km      | 3000              |                                   | Niederfrequente elektrische Schwingungen                                      |
| 10 km       | 30 Tausend        |                                   |   |
| 1 km        | 300 Tausend       | Elektrische<br>Wellen             | Lange Wellen   |
| 100 m       | 3 Millionen       |                                   | Mittlere Wellen    |
| 10 m        | 30 Millionen      |                                   | Kurze Wellen   |
| 1 m         | 300 Millionen     |                                   | Ultrakurze Wellen<br>„Der Bereich 1 m bis 10 m ist nicht dargestellt“         |
| 10 cm       | 3 Milliarden      |                                   | Dezimeter-Wellen    |
| 1 cm        | 30 Milliarden     |                                   | Kürzeste elektrisch erzeugbare Schwingungen                                   |
| 1 mm        | 300 Milliarden    |                                   |   |
| 100 $\mu$   | 3 Billionen       |                                   | Überlappung der Gebiete   |
| 10 $\mu$    | 30 Billionen      | Lichtwellen                       | Infrarote Strahlen   |
| 1 $\mu$     | 300 Billionen     |                                   | Wärmestrahlen    |
| 1000 Å      | 3000 Billionen    |                                   | Sichtbares Licht   |
| 100 Å       | 30 000 Billionen  | Gammastrahlen und Röntgenstrahlen | Ultra-violette Strahlen   |
| 10 Å        | 300 000 Billionen |                                   | Chemisch wirkende Lichtstrahlen   |
| 1 Å         | 3 Trillionen      |                                   | Höhen-sonne    |
| 0,1 Å       | 30 Trillionen     |                                   | Überlappung der Gebiete    |
| 0,01 Å      | 300 Trillionen    |                                   | Röntgenröhre   |
| 0,001 Å     | 3000 Trillionen   |                                   | Radioaktive Strahlung   |

Abbildung 1  
Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen

In dieser Übersicht nimmt von unten nach oben in jeder Zeile die Wellenlänge der Strahlung um einen Faktor 10 zu, bzw. die Frequenz um einen Faktor 10 ab. Von unten nach oben sehen wir

- Zunächst die sehr kurzwellige und energiereiche *Gamma-Strahlung*, wie sie in vielen Kernprozessen als radioaktive Strahlung frei wird.
- Es folgt die aus der Medizin her bekannte *harte und weiche Röntgenstrahlung* mit Wellenlängen bis zu 10 Å, das sind Millionstel Millimeter.
- Daran an schließt sich das *ferne und nahe UV*, das wir von der künstlichen und natürlichen Höhensonne her kennen. Wir können diese Strahlung nicht sehen, aber unsere Haut reagiert bereits empfindlich.
- Dann kommt das *sichtbare Licht*, für das unser Auge empfindlich ist, mit den Regenbogenfarben violett/blau/grün/gelb/rot. Insgesamt umfaßt es etwa eine Oktave, und hier spielte sich seit Tausenden von Jahren bis etwa Mitte unseres Jahrhunderts praktisch die gesamte Astronomie ab.
- Mit wachsender Wellenlänge folgt das *Infrarot*, das wir nicht mehr sehen können, aber in der Nähe eines heißen Ofens noch als Wärmestrahlung spüren.
- Dann gelangen wir in den weiten Radiobereich:
- Dieser beginnt mit der *Hochfrequenzstrahlung*, den *mm- bis dm-Wellen* der Radargeräte.
- Es folgen die *Meter-Wellen*, in denen das *Fernsehen* arbeitet,
- dann der *Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich des Rundfunks*,
- und schließlich der *Niederfrequenzbereich* mit einigen 100 Schwingungen pro Sekunde. Hier arbeitet das Telefon, denn die Frequenz dieser elektromagnetischen Wellen entspricht genau der Frequenz der Schallwellen, mit denen wir sprechen. Hier können also diese beiden physikalisch ganz verschiedenartigen Wellen mittels Mikrophon und Lautsprecher leicht ineinander umgewandelt werden.
- Es endet bei 6000 km Wellenlänge oder 50 Hz mit dem *Wechselstrom*, wie er aus der Steckdose kommt.

Unsere Erdatmosphäre hat nun zwei Fenster, durch die überhaupt nur Strahlung aus dem Kosmos bis auf den Erdboden gelangen kann, alles andere wird in der Erdatmosphäre verschluckt, und zwar im ganzen Langwellenbereich durch die Ionosphäre, im Infrarot-Bereich hauptsächlich durch den Wasserdampf und im kurzwelligeren UV- und Röntgenbereich vorwiegend durch das Ozon. Für die Astronomie betrüblich, aber für unser Dasein sehr beruhigend, daß etwa Röntgen- und Gamma-Strahlung aus dem Kosmos nicht ungehindert auf den Erdboden gelangen können. Schon in 10 km Höhe, also dort, wo der Hauptflugverkehr stattfindet, ist die Strahlung aus dem Kosmos bereits rund 10mal so hoch wie am Erdboden (allerdings gilt Stewardess noch nicht als strahlengefährdeter Beruf!).

Nun die Fenster in der Atmosphäre. Das eine, das „optische Fenster“, umfaßt den sichtbaren Bereich und ragt an den beiden Seiten etwas in den Infrarot- und in den UV-Bereich hinein. Das ist natürlich kein Zufall. Die Evolution hat uns Augen gegeben, mit

denen wir auf der Erdoberfläche sehen können. Hätten wir „Röntgenaugen“, wäre es für uns hier dunkel.

Das zweite Fenster, das Radiofenster, ist sehr viel breiter, rund 10 Oktaven, von einigen mm bis 20 m Wellenlänge. Das ist die Domäne der Radioastronomie, als deren Vertreter heute Herr Mezger zu uns gesprochen hat. Dies ist der erste neu hinzugewonnene Spektralbereich.

Die Idee, daß unsere Sonne eine Radiostrahlung aussenden könne, wurde schon im vorigen Jahrhundert geäußert. Aber es gab damals keine Möglichkeit, dies zu beobachten. Etwa um 1920 war die Technik soweit, daß man die Radiostrahlung der Milchstraße hätte entdecken können. Da kam niemand auf die Idee, das zu versuchen. (Man wußte, daß die Plancksche Strahlung der Sterne viel zu schwach sei, und andere Mechanismen wie Synchrotronstrahlung waren unbekannt.) So wurde denn die außerirdische Radiostrahlung erst 1932 ganz zufällig von Jansky entdeckt. Jansky machte Versuche mit Antennen und ärgerte sich über täglich wiederkehrenden Störungen in der Apparatur. Als er dann aber merkte, daß diese Störungen jeden Tag etwa 4 Minuten eher kamen, also mit der Sternzeit gekoppelt waren, realisierte er, daß es sich um Strahlung aus dem Kosmos handeln müsse. Er hatte die galaktische Radiostrahlung entdeckt. Die eigentliche Entwicklung begann dann aber erst durch die im letzten Krieg stark entwickelte Radartechnik, und der aus deutschen Wehrmachtsbeständen stammende und von den Holländern erbeutete Radarspiegel „Würzburg-Riese“ war eines der ersten in Holland eingesetzten Radioteleskope. Und nun begann in aller Welt eine rasante Entwicklung.

Die Radioastronomie brachte nicht nur eine quantitative Vermehrung unserer Kenntnisse, sondern vor allem eine qualitative Erweiterung, denn es sind zum größten Teil ganz andere Objekte und ganz andere physikalische Vorgänge, von denen uns die Radiostrahlung Kunde bringt. Vieles hätte selbst mit den besten Methoden im optischen Bereich niemals entdeckt werden können. Ich will dies mit einigen Beispielen verdeutlichen.

Die interstellare Materie (also Staub- und Gaswolken zwischen den Sternen), deren Existenz Anfang des Jahrhunderts vermutet aber erst in den 20er Jahren eindeutig nachgewiesen wurde, besteht zu über 90 % aus Wasserstoff – und gerade der ist mit optischen Mitteln nicht zu beobachten. 1945 sagte der holländische Astronom van de Hulst theoretisch voraus, daß dieser interstellare Wasserstoff bei 21 cm Wellenlänge eine Spektrallinie aussenden müsse. Sechs Jahre später wurde diese Linie fast gleichzeitig und unabhängig voneinander in Holland, in Australien und in den USA entdeckt. Neben der Balmerserie ist es die wichtigste Spektrallinie in der Astronomie. Da es sich um eine Spektrallinie handelt und nicht um eine kontinuierliche Strahlung, läßt sich aus der Linienverschiebung über den Dopplereffekt auch sofort die Geschwindigkeit der Wasserstoffatome auf uns zu oder von uns fort bestimmen.

In der Ebene unseres Milchstraßensystems sammelt sich die interstellare Materie bevorzugt in den Spiralarmen an, ja, die Spiralarme sind geradezu durch die interstellare Materie charakterisiert. Und die 21 cm-Linie erlaubte es nun erstmals, den interstellaren Wasserstoff direkt zu sehen und zu lokalisieren. In jahrelanger Arbeit haben die Radioastronomen den ganzen Himmel durchmustert, konnten die Vermutung bestätigen, daß

auch unser Milchstraßensystem ein Spiralsystem ist, und konnten die Spiralstruktur bis in große Entfernungen nachweisen.

Die Milchstraße enthält nicht nur Gas, sondern auch Staubwolken, und diese verhindern es, mit optischen Mitteln jemals etwas über entferntere Gebiete oder auch über das Zentrum unseres Systems zu erfahren. Radiostrahlen aber durchdringen ungehindert diese Staubwolken (wir können ja auch bei Nebel und diesigem Wetter Radio hören und Fernsehen) und ermöglichen so die Erforschung dieser Gebiete, und Herr Mezger hat uns heute vormittag eindrucksvoll über die Erforschung des galaktischen Zentrums berichtet. Das soll hier nicht wiederholt werden.

Diese Fähigkeit, Staubwolken zu durchdringen, führte auch zur Entdeckung eines ganz anderen Phänomens, mit dem niemand auch nur im Entferntesten gerechnet hatte: die interstellaren Moleküle. Die Atome im interstellaren Raum stoßen immer mal wieder zusammen und können sich dann zu einem Molekül vereinen. Solche zwei-atomigen Moleküle, wie z.B. Hydroxyl (OH) oder Cyan (CN) oder Kohlenmonoxyd (CO) kannte man schon lange. Solch ein Molekül wird aber durch die UV-Strahlung der Sterne längst wieder zerstört, ehe es die Chance hat, ein drittes Atom einzufangen, denn im Mittel stoßen Atome im interstellaren Raum nur alle 100 Jahre einmal mit einem anderen Atom zusammen. Ins Innere dichter Staubwolken dringt die UV-Strahlung der Sterne aber nicht ein, außerdem ist hier die Dichte und damit die Zahl der Zusammenstöße größer. Da können sich dann kompliziertere Moleküle bilden. Wenn diese in Schwingungen geraten, senden sie Radiostrahlung aus, und diese kann die Staubwolke verlassen und uns Kunde bringen vom dem, was sich da gebildet hat. 1963 wurde das schon bekannte OH-Molekül auch im Radiobereich bei 18 cm Wellenlänge entdeckt. 1966 folgte das erste mehratomige Molekül Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), ein Jahr später der Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Ab 1970 ging es dann Schlag auf Schlag. Heute kennen wir im interstellaren Raum rund 70, und wenn wir die Isotope getrennt zählen, sogar über 100 verschiedene Moleküle, davon etwa  $\frac{1}{3}$  anorganische und  $\frac{2}{3}$  organische Moleküle, bis hin zum 13atomigen Undekapentainnitril ( $\text{HC}_{11}\text{N}$ ). Auch das erste Ringmolekül  $\text{C}_3\text{H}_2$  wurde 1986 entdeckt. Insgesamt sind jedoch an all diesen Molekülen nur sechs Atomsorten beteiligt: H, C, N, O, Si und S.

Interessant ist ferner die 1975 in der Eifel entdeckte Ameisensäure mit den zugehörigen Molekülen des Methylalkohols und des Formaldehyds. Dann kam die nächste Stufe mit Äthylalkohol und Azetaldehyd, so daß mit ziemlicher Sicherheit auch die zugehörige – bisher nicht gefundene – Säure, die Essigsäure, vorhanden sein dürfte, und über die Essigsäure geht es im nächsten Schritt zur Aminosäure, diesem wichtigen biologischen Grundbaustein. Zur Zeit gibt es eine Art Wettrennen unter den Radioastronomen, denn jeder möchte natürlich als erster das erste Biomolekül entdecken. Ein neuer Forschungszweig, die Bio-Astronomie oder Kosmo-Biologie kündigt sich hier am Horizont an.

Doch die zahlreichen neu entdeckten Radioquellen boten weitere Überraschungen. Die zweitstärkste Radioquelle am nördlichen Himmel, die Quelle Cygnus A (also die erste im Sternbild Schwan gefundene Radioquelle) entpuppte sich als ein außergalaktisches System in einigen 100 Millionen Lichtjahren Entfernung. Optisch ist es nur ein schwaches, unscheinbares Objekt mit einem mehrfachen Kern, aber die Radiostrahlung



ist an die millionenmal so stark wie die unseres gesamten Milchstraßensystems. Stünde dieses Objekt in 10facher Entfernung, so wäre es immer noch eine helle Radioquelle, aber im optischen Bereich läge es außerhalb der Reichweite unserer heutigen Teleskope. So gibt es sicher viele Radioquellen, bei denen wir optisch nichts mehr sehen können.

Cygnus A war das erste einer neuen und sehr vielseitigen Gruppe von Objekten wie Radiogalaxien, Quasars, Seyfert-Galaxien, Blazars, Liners, u. a., die man alle unter dem Begriff „Aktive Galaxien“ zusammenfassen kann. Es handelt sich um Sternsysteme, in denen sich gewaltige, katastrophenartige Dinge abspielen. Die ganzen Zentralgebiete dieser Galaxien befinden sich in einer Explosionsphase und Radiojets werden Millionen von Lichtjahren herausgeschleudert. Häufig kommt die Radiostrahlung gar nicht aus der optisch sichtbaren Galaxie, sondern aus Gebieten, die symmetrisch zum Zentrum weit außerhalb der Galaxie liegen. Die Radioquelle 3C 236 hat eine Ausdehnung von rund 20 Millionen Lichtjahren und ist damit das ausgedehnteste Einzelobjekt im Kosmos, das wir kennen. Es handelt sich hier um Synchrotronstrahlung der herausgeschleuderten Materie.

Auch für die Kosmologie, der Lehre vom Ursprung des Universums, lieferte die Radioastronomie wichtige Beiträge. Die schon in den 20er Jahren beobachtete Expansion des Kosmos führt, wenn man sie zurückrechnet, auf einen Anfangszustand des Universums von ungeheurer Dichte und extrem hoher Temperatur. Dies hatte zur Theorie des „Urknalls“ geführt. 1948 sagte Gamow theoretisch voraus, daß in diesem Falle als Überrest dieser gewaltigen Temperatur, die dann im Laufe der Expansion abkühlte, der gesamte Kosmos heute mit einer thermischen Strahlung von jetzt sehr geringer Temperatur erfüllt sein müsse, eine Strahlung, deren Maximum nach dem Planckschen Gesetz im mm-Bereich liegen müsse. 17 Jahre später, 1965, wurde diese allgemeine Hintergrundstrahlung mit einer Temperatur von 2,7 K (also sehr nahe dem absoluten Nullpunkt bei  $-273^{\circ}\text{C}$ ) von A. A. Penzias und R. W. Wilson entdeckt. Sie erhielten hierfür 1978 den Nobelpreis. Diese Hintergrundstrahlung ist heute neben der Expansion das stärkste Indiz für den Urknall.

Schließlich sei noch ein letztes exotisches Gebilde genannt, das durch die Radioastronomie bekannt wurde. 1957 wurde bei einer Routine-Untersuchung ein Objekt beobachtet, das nicht kontinuierlich strahlt, sondern pro Sekunde 33 Lichtblitze oder – genauer gesagt – Radiopulse zu uns sendet. Der erste Pulsar war entdeckt. Die Pulse kamen so regelmäßig, daß man kurzzeitig ernsthaft Signale außerirdischer Intelligenzen in Betracht zog, die berühmten „Kleinen grünen Männchen“. Aber es gibt auch in der Natur sehr regelmäßige Vorgänge, vor allem Rotationen. Und in der Tat, es handelt sich um schnell rotierende Neutronensterne, sehr kompakte Sterne im Endstadium ihrer Entwicklung.

Neutronensterne rotieren ungeheuer schnell, das sie umgebende Magnetfeld erreicht fast Lichtgeschwindigkeit und aus relativistischen Gründen kann die Strahlung den Stern dann nicht mehr nach allen Seiten verlassen wie bei unserer Sonne, sondern nur in Richtung der magnetischen Achse. Und dieser Lichtstrahl streicht dann, wie bei einem Leuchtturm an der Küste, in jeder Sekunde 33 mal über uns hinweg. Als man dies erkannte hatte, konnte man bald nachweisen, daß auch das sichtbare Licht nur in Form von

Lichtblitzen zu uns kommt. Wieso hatte man das vorher nicht gemerkt, handelt es sich um einen relativ hellen Stern. Nun, auch bei diesem Stern betrug die normale Belichtungszeit einige Minuten und dabei schmierte man über alle Lichtblitze hinweg. Auch das Auge kann 33 Lichtblitze pro Sekunde nicht mehr auflösen. Wir merken ja auch nicht, daß das Licht unserer Lampen hier in jeder Sekunde 100mal hell und dunkel wird.

Dieser erste Pulsar und Neutronenstern ist der Überrest einer gewaltigen Sternexplosion, einer sogenannten Supernova, deren Aufleuchten im Jahre 1054 uns aus chinesischen Quellen überliefert ist. Die damals abgeschleuderte Materie, die immer noch mit rund 1000 km/sek auseinanderlaufende Explosionswolke beobachten wir heute noch. Es ist der bekannte Crabnebel, noch heute eine der stärksten Radioquellen am nördlichen Himmel. Inzwischen kennen wir über 300 solche Pulsars, die meisten aber nur im Radiobereich.

Dies ist der Moment, auf einen generellen wichtigen Gesichtspunkt hinzuweisen. In den Neutronensternen haben wir Materie in ganz extremen Zuständen vor uns, hier im Zustand extrem hoher Dichte. Ähnliches gilt für die Schwarzen Löcher oder – am anderen Extrem – für die interstellare Materie, wo wir extrem geringe Dichte vorfinden, Dichten, von denen Hochvakuum-Experten auf der Erde nur träumen können. Und an dem Verhalten der Materie in solch extremen Zuständen sind die theoretischen Physiker sehr interessiert, weil sie hier neue und grundsätzliche Erkenntnisse gewinnen können. Der Kosmos stellt in vielen Teilen sozusagen ein Laboratorium dar mit Bedingungen, die der Experimentalphysiker auf der Erde nicht realisieren kann. So ist das Wechselspiel zwischen Physik und Astrophysik, das natürlich immer bestand, in den letzten Jahrzehnten besonders intensiv geworden, und es ist kein Zufall, daß an vielen Instituten der theoretischen Physik heute astrophysikalische Probleme behandelt werden. Ähnliches gilt auch für die Plasmaphysik, denn der weitaus größte Teil des Universums befindet sich im Zustand des Plasma. Es wird immer deutlicher, wie verwoben die Disziplinen miteinander sind, und viele grundlegende physikalische Erkenntnisse wurden in den vergangenen Jahrzehnten in der Astrophysik gewonnen.

Aber schauen wir uns nun die anderen neu erschlossenen Spektralbereiche an, bei denen ich mich kürzer fassen will.

Zwischen dem Radio- und dem sichtbaren Bereich liegt das Infrarot. Die Infrarot-Astronomie, als deren Vertreter heute Herr Elsässer unter uns ist, befindet sich gegenwärtig in einem enormen Aufschwung. Die Infrarot-Beobachtung erfolgt teilweise in einigen Fenstern vom Erdboden aus, vor allem auf hohen Bergen in trockener Luft, teilweise von Satelliten aus.

Die Infrarot-Astronomie führt uns, neben anderen interessanten Beobachtungen, z. B. in das Frühstadium der Sterne. Wenn sich Sterne aus der interstellaren Materie bilden, so sind sie zunächst in eine ausgedehnte Staub- und Gashölle eingebettet, so daß der Stern selbst lange nicht zu sehen ist. Er erwärmt aber diesen Staub von Innen her und dieser beginnt im Infraroten zu strahlen. Das aber ist gerade die Phase der Planetenentstehung. Durch die Infrarotastronomie wird diese interessante Phase der Beobachtung zugänglich und auch über die Entstehung unseres eigenen Planetensystems gewinnen wir hieraus neue Erkenntnisse.

Die Infrarotstrahlung durchdringt, ähnlich wie die Radiostrahlung, sehr viel besser den interstellaren Staub als das sichtbare Licht, und so hat auch die Infrarotastronomie erheblich zur Erforschung des galaktischen Zentrums beigetragen. Besonders interessante Ergebnisse erhielt die Infrarotastronomie im Bereich der extragalaktischen Forschung, insbesondere durch die Beobachtungen des Infrared Astronomical Satellite IRAS, also durch Beobachtungen außerhalb der Erdatmosphäre, ungestört von der Wasserdampfabsorption. Über diese neuen Ergebnisse der „Infraroten Galaxien“ hat uns Herr Elsässer heute vormittag ausführlich berichtet. – In Vorbereitung befindet sich das Infrared Space Observatory ISO, das uns weiteres interessantes Material liefern wird.

Zwischen dem Infraroten und dem Radiobereich bestand lange Zeit eine Lücke im Submillimeter- und Millimetergebiet, also bei Wellenlängen von 0.1 bis zu einigen mm. Hier fehlte es an guten Empfängern. Inzwischen haben aber die Infrarot-Astronomen ihre Empfangstechniken zu immer längeren und die Radioastronomen ihre ganz anderen Methoden zu immer kürzeren Wellenlängen hin erweitert. Und jetzt haben sich die beiden im Submillimetergebiet getroffen, so daß jetzt auch diese letzte Lücke geschlossen ist. Schon entstehen überall neue Teleskope für diesen Bereich, z. B.:

- ein 15 m-Teleskop bei der Europäischen Südsternwarte in Chile,
- ein 15 m-Teleskop auf dem Mauna Kea auf Hawaii,
- ein 30 m-Teleskop auf dem Pico Veleda in Südspanien, ein Deutsch-Französisches Projekt (IRAM).

Und nun gehen wir auf die andere Seite des sichtbaren Lichts, zu kürzeren Wellenlängen, also in den UV- und Röntgenbereich. Die ersten Beobachtungen erfolgten hier von bis zu 40 km hoch fliegenden Ballonen mit astronomischen Instrumenten. Dann kamen die Raketen, die die Instrumente kurzfristig noch höher bringen konnten. Der eigentliche Durchbruch aber kam erst mit den Satelliten, die in einigen 100 km Höhe die Erde umkreisen oder sich in einer geostationären Bahn in 36000 km Höhe befinden und nun eine kontinuierliche Beobachtung ermöglichen.

Im Ultravioletten hat der 1978 gestartete Satellit „International Ultraviolet Explorer“ (IUE) enorm viel Material geliefert. Deutschland war dabei finanziell beteiligt, so daß wir hier direkte Beobachtungsmöglichkeiten hatten. Ich will hierauf ein klein wenig näher eingehen, weil eine kleine, von mir geleitete Arbeitsgruppe an der Göttinger Sternwarte direkt daran beteiligt war. Ein kurzer Einschub für Spezialisten: der IUE besitzt ein Cassegrain Fernrohr von 45 cm Öffnung und 7 m Brennweite, im Fokus einen Echelle-Spektrograph, der in der 70. bis 125. Ordnung arbeitet und den Bereich von 110 bis 320 nm überdeckt. Gespeichert wird auf einer CCD-Platte mit  $770 \times 770$  Pixels, und die Daten werden dann auf die Erde heruntergefunkt und dort wieder zu einem Spektrum zusammengesetzt.

Unsere Arbeitsgruppe beschäftigte sich mit den sogenannten CP2-Sternen, das sind „chemical peculiar stars“ mit starken Magnetfeldern. Diese Sterne zeigen eine 10- bis 1000fache Überhäufigkeit der Lanthaniden oder Seltenen Erden und etlicher sehr schwerer Elemente. Die Oberflächentemperaturen dieser Sterne betragen etwa 10000 K, das Maximum ihrer Ausstrahlung liegt also nach dem Planckschen Gesetz im Ultravioletten,

und im Ultravioletten liegen auch die meisten Spektrallinien der uns interessierenden Elemente. Hier waren UV-Spektren also sehr vielversprechend. Ein Mitarbeiter, Herr Fuhrmann, nahm sich, um dies neue Gebiet zu erkunden, den Stern HR 465 im Andromeda vor. Das Magnetfeld dieses Sterns variiert mit einer Periode von 23 Jahren. 1961 zeigte dieser Stern ein sehr linienreiches Spektrum speziell der Seltenen Erden. 10 Jahre später war das Spektrum sehr linienarm und man konnte, wenn man die Spektren nebeneinander hielt, kaum glauben, daß es sich um ein und denselben Stern handelt. Unsere Spektren stammen von 1981, als die Linien wieder ein Maximum zeigten. Herr Fuhrmann erstellte aus dem Material einen, auch für andere UV-Beobachter sehr nützlichen Spektralatlas, der rund 10 000 Spektrallinien enthält. Von diesen konnte er in mühevoller Arbeit rund 4600 identifizieren. Über die Hälfte der Linien konnte also nicht identifiziert werden. Dies liegt vor allem daran, daß die Spektren der seltenen Erden im UV zum großen Teil noch gar nicht bekannt sind. Hier sind die Physiker weit hinter den Wünschen der Astronomen zurück. Außerdem stellen diese Sterne auch viel effektivere Lampen dar, als dies im Labor möglich ist. Viele Linien können daher bisher im Labor noch gar nicht realisiert werden. Auch für den Physiker sind daher diese IUE-Spektren von großer Bedeutung. Von den 4600 identifizierten Linien stammen allein 2900 vom ionisierten Eisen. Eine Analyse der restlichen 1700 Linien ergab dann eine Überhäufigkeit folgender Seltenen Erden: Cer (58), Europium (63), Gadolinium (64), Dysprosium (66) und Erbium (68); ferner eine Überhäufigkeit der schweren Elemente Gallium (31), Zink (39), Niob (41), Molybdän (42), Osmium (76), Platin (78), Gold (79), Quecksilber (80) und Wismut (83).

Wie kommt es zur Überhäufigkeit gerade dieser Elemente. Sehr wahrscheinlich handelt es sich, besonders bei den Seltenen Erden, nur um eine Überhäufigkeit in einer bestimmten Schicht und damit letztlich um eine physikalische und nicht um eine chemische Anomalie. Es handelt sich um eine spezielle Diffusion. Wir alle kennen die Diffusion infolge der Schwerkraft. Da kommt es, z. B. in unserer Erdatmosphäre, zu einer Segregation, die schweren Elemente sinken nach unten, die leichten sammeln sich oben an. Es gibt aber noch einen zweiten Diffusionseffekt, der hier offenbar überwiegt. Einmal haben Sterne mit starkem Magnetfeld eine relativ ruhige Atmosphäre ohne Turbulenz, es gibt also keine ständige Durchmischung. Ferner handelt es sich stets um langsam rotierende Sterne. Nun haben gerade die Seltenen Erden ein sehr komplexes Termschema, die Elektronen in den Atomhüllen reichen weit nach außen und haben sehr viele Übergangsmöglichkeiten. Diese Atome haben darum einen großen Wirkungsquerschnitt gegenüber der aus dem Sterninneren kommenden Strahlung. Und da passiert es dann, daß im Laufe von Jahrhunderten diese Elemente durch den Strahlungsdruck des Sterns allmählich nach oben gedrückt werden und sich dort sammeln. Und vielleicht spielt das Magnetfeld hier auch eine spezielle Rolle, etwa in dem Sinne, daß an den magnetischen Polen, wo die Feldlinien senkrecht aus der Oberfläche austreten, dieser Diffusionseffekt anders wirkt als am magnetischen Äquator, wo die Feldlinien parallel zur Oberfläche verlaufen. Daher die Variationen der Häufigkeit mit der Rotation. Bei einigen schweren Elementen, besonders bei denjenigen, die durch Neutroneneinfang gebildet werden, mag es in diesen Sternen auch echte chemische Anomalien geben. Diese Fragen sind noch ungeklärt.

Wir gehen weiter zu kürzeren Wellen, in den Röntgenbereich. Eine erste große Durchmusterung mit über 300 Röntgenquellen brachte der Satellit UHURU (das Wort stammt aus der Suahelisprache und bedeutet „Freiheit“, denn der Satellit wurde in Kenia gestartet und zwar am 12. Dez. 1970, dem 7. Jahrestag der Unabhängigkeit von Kenia). Ein großer Teil dieser Röntgenquellen konnte bis heute nicht mit optischen Objekten identifiziert werden. Es ist ähnlich wie in der Radioastronomie, daß wir viele dieser Objekte optisch nie werden sehen können, denn Röntgenstrahlung entsteht unter ganz anderen physikalischen Bedingungen als sichtbares Licht. – UHURU konnte nur die Intensität der Quellen messen, aber nichts über die Gestalt aussagen. 1978 startete der „Einstein-Satellit“, der als erster eine abbildende Optik besaß. Aber der große Aufschwung der Röntgenastronomie begann dann mit dem unter der Leitung von Herrn Trümper in Deutschland entwickelten Röntgensatelliten ROSAT, der 1990 startete. Er arbeitete von Anfang an hervorragend und hatte nach einem halben Jahr bereits 97 % des Himmels durchmustert und etwa 60 000 diskrete Röntgenquellen erfaßt. Seitdem beschäftigt sich ROSAT mit Detailuntersuchungen in ausgesuchten Feldern und überrascht uns laufend mit neuen Entdeckungen. Hierüber hat uns heute morgen Herr Trümper ausführlich berichtet, so daß ich es hier mit einer Aufzählung bewenden lassen will.

Da sind die Röntgendoppelsterne, die aussichtsreichsten Kandidaten für Schwarze Löcher. Da sind die Überreste von Supernova-Ausbrüchen und die Röntgenpulsare, darunter natürlich auch der schon erwähnte Crabnebel. Da sind die Galaxien in unserer Nähe; so entdeckte ROSAT allein im Andromedasystem mehr diskrete Röntgenquellen, als UHURU in unserer ganzen Milchstraße. Da sind vor allem die aktiven Galaxien: sehr raumtiefe Beobachtungen, also solche bis zu sehr schwachen Objekten, mit Belichtungszeiten bis zu 42 Stunden zeigen auf einer Fläche am Himmel, die so groß ist wie der Vollmond, fast 100 diskrete Röntgenquellen, davon 70 % Quasare, also aktive Galaxien. Dem allen ist ein diffuser Röntgenhintergrund überlagert, der vermutlich von nicht aufgelösten Quellen stammt. Anders als unser optischer Nachthimmel ist der Röntgenhimmel also hell.

Wenn in so exotischen Objekte wie den Röntgenpulsaren sehr starke Magnetfelder herrschen, dann fordert die Quantenmechanik, daß die Synchrotronstrahlung dieser Objekte quantisiert ist und als Spektrallinie im Röntgenbereich auftritt, der sogenannte Landau-Effekt. Tatsächlich wurde diese Linie schon vor etlichen Jahren von Herrn Trümper in der Radioquelle Herkules X1 gefunden und damit ein Magnetfeld von einigen Billionen ( $10^{12}$ ) Gauß nachgewiesen (zum Vergleich: das Magnetfeld der Erde beträgt  $\frac{1}{2}$  Gauß). Auch das sind Phänomene, die im Laboratorium nicht zu realisieren sind.

Insgesamt befindet sich die Röntgenastronomie gegenwärtig in einem Boom, wie die Radioastronomie in den ersten Nachkriegsjahrzehnten.

Schießlich am kurzweiligen Ende die Gamma-Astronomie. Sie steckt weitgehend noch in den Anfängen, verspricht aber sehr interessant zu werden. Schon seit 1967 werden von etlichen Raumsonden immer wieder Gammastrahlungs-Ausbrüche registriert, z. B. von den Meßgeräten der beiden Venussonden Venera 13 und 14. Ihrer Verteilung nach scheinen sie galaktischen Ursprungs zu sein. Rätselhaft war lange Zeit die 1972 entdeckte zweitstärkste Gamma-Quelle am Himmel „Geminga“ in den Zwillingen, ein

Objekt, das bis dahin weder im Röntgen-, noch im optischen oder im Radiobereich sichtbar war. Erst 10 Jahre später fand der EINSTEIN-Satellit etwa an der Stelle eine Röntgenquelle, und neue ROSAT-Daten zeigten dann eine Pulsperiode der Röntgenstrahlung von 0.24 s. Mit dem 1991 gestarteten Gamma-Ray-Observatory (GRO) und seinem Energetic-Gamma-Ray-Experiment-Telescope (EGRET) konnte dann gezeigt werden, daß auch die Gamma-Quanten mit der gleichen Periode ankommen, es sich also um dasselbe Objekt handelt, ein relativ naher Pulsar, etwa 300 000 Jahre alt.

Auch der Crabnebel, das galaktische Zentrum und Quasare konnten als Gamma-Quellen identifiziert werden. Hier dürfen wir sicher noch manche Überraschung erwarten.

Damit haben wir innerhalb eines halben Jahrhunderts unsere Basis um fast 18 Zehnerpotenzen oder von einer Oktave auf rund 60 Oktaven erweitert. Das ist etwa so, als wenn die Musik Jahrtausende lang nur eine einzige Oktave zur Verfügung gehabt hätte, und nun innerhalb von einigen Jahrzehnten den gesamten hörbaren Bereich umfaßt.

Noch gar nicht in Angriff genommen wurde der Bereich jenseits von 20 m Wellenlänge. Hier wird die Strahlung aus dem Kosmos an der Ionosphäre reflektiert. Satellitenbeobachtungen in diesem Bereich stehen noch nicht auf dem Plan. Die Astronomen erwarten hier auch keine aufregenden Dinge – aber das hat man früher bei anderen Bereichen auch gedacht. Wer weiß, ob es da nicht auch Überraschungen gibt. –

Ich komme zum Schluß. Wenn wir dies ganze Panorama an uns vorbeiziehen lassen, dann wird deutlich, wie sehr unser normales Weltbild dadurch bestimmt ist, daß wir Augen haben, die „zufällig“ in diesem optischen Bereich empfindlich sind, und wie ganz anders unser Welt aussähe, wenn wir Augen für einen anderen Spektralbereich hätten. Hätten wir Radioaugen, so gäbe es für uns kein schlechtes Wetter, wir könnten durch alle Wolken hindurchschauen. Die meisten Sterne, die wir nachts am Himmel sehen, wären uns aber unbekannt. Dagegen sähen wir Tag und Nacht das helle Band der Milchstraße am Himmel. Das hellste Objekt wäre eine 100 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie. Die Sonne wäre keine so übermäßig hell scheinende, scharf begrenzte Scheibe, wie wir sie kennen, sondern ein sehr viel schwächeres aber merklich größeres und ausgefranstes Gebilde, denn die Radiostrahlung der Sonne stammt aus ihrer Korona. Nur Eruptionen auf der Sonne würden plötzlich millionenmal so hell werden und wie Blitze alles andere überstrahlen. Unsere Welt sähe völlig anders aus! Und diese Erkenntnis sollte uns vielleicht etwas toleranter machen gegenüber den Menschen, die nun im übertragenen Sinne die Welt mit anderen Augen sehen.

# DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

## VERLEIHT DIE CARL-FRIEDRICH-GAUSS-MEDAILLE

HERRN UNIVERSITÄTSPROFESSOR DR. RER. NAT.

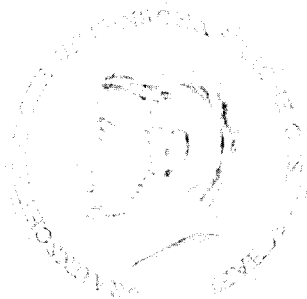
**HANS-HEINRICH VOIGT**

UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

IN WÜRDIGUNG SEINER AUSSERORDENTLICHEN  
VERDIENSTE AUF DEM GEBIET  
DER ASTRONOMIE

Professor Dr. Voigt hat als langjähriger Direktor der Göttinger Sternwarte das Drei-Strom-Modell der Atmosphärentheorie auf die Sonne angewandt, Sterne hoher Leuchtkraft in der nördlichen Milchstraße erforscht und wichtige instrumentelle Entwicklungen der Sternbeobachtung eingeleitet und gefördert. Seine Denkschrift über die Lage der Astronomie in Deutschland aus dem Jahre 1962 blieb für Jahrzehnte richtungsweisend. Mit der Bearbeitung des wissenschaftlichen Nachlasses von Carl Friedrich Gauß hat er sich bleibende Verdienste erworben.

Braunschweig, den 30. April 1993



*Carstensen*  
Präsident  
der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft

**Voigt, Hans-Heinrich**, Dr. rer. nat., o. Prof. em., zuvor Direktor der Universitätssternwarte Göttingen.

Charlottenburger Straße 19, 37085 Göttingen

- 18.04.1921 geboren in Eitzendorf, Kreis Hoya, Niedersachsen, als Sohn des Pastors Wilhelm Voigt und der Thea, geb. Zietz
- 1921–1933 Kindheit und Grundschule in Bethel bei Bielefeld
- 1933–1939 Gymnasium Ernestinum in Celle. Abitur März 1939
- 1939 April–Dezember: Arbeitsdienst; Einsatz im Polenfeldzug
- 1940 Studium der Astronomie, Physik und Mathematik an der Universität Göttingen
- 1941–1945 Wehrdienst. Feldzüge in Rußland und Griechenland. Kriegsgefangenschaft
- 1946–1949 Fortführung des Studiums in Göttingen. Dissertation bei Prof. ten Bruggenkate
- 1949 Promotion in Astronomie zum Dr. rer. nat. an der Universität Göttingen  
Heirat mit Margarete Möricke († 1979). Zwei Töchter
- 1949–1951 Forschungsstipendiat der DFG am Institut für Theoretische Physik und an der Sternwarte Kiel (Leiter Prof. Unsöld)
- 1951–1952 Research Associate am Lick Observatory der University of California (Leiter Prof. C. D. Shane)
- 1952–1958 Wissenschaftlicher Assistent an der Universitäts-Sternwarte in Göttingen
- 1956 Habilitation für das Fach Astronomie und Astrophysik
- 1958–1963 Observator, Hauptobservator und Wissenschaftlicher Rat an der Hamburger Sternwarte in Bergedorf; Privatdozent an der Universität Hamburg
- 1963–1986 o. Prof. für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen, Direktor (bis 1982, danach Vorstandsmitglied) der Universitäts-Sternwarte Göttingen
- 1986 Emeritierung

- Publikationen: Über 300 Veröffentlichungen, Übersichtsartikel und Kurzmitteilungen in wissenschaftlichen und populären Zeitschriften.  
14 Tagungsberichte, 35 Buchbesprechungen, 19 Nekrologe und Laudationes
- Bücher: „Zur Lage der Astronomie“ (1962) und „Abriß der Astronomie“ (1. Auflage 1969, 5. Auflage 1991)
- Herausgeber u. Mitautor: „Astronomie“ (Fischer-Lexikon; Band 4)  
„Karl Schwarzschild. Gesammelte Werke“. 3 Bände. Vol. I 1992
- Herausgeber: „Astronomy and Astrophysics“ (Landolt-Börnstein), „Solar Photosphere“ (Abhandl. Akad. Wiss. Göttingen), „Naturwissenschaften in Göttingen“, Zeitschrift Astronomy and Astrophysics (Chief Editor 1975–1983)
- Techn. Arbeiten: u. a. Turmteleskop der Göttinger Sternwarte. Observatorium für Sonnenphysik in Izana auf der Insel Teneriffa



|   |  |
|---|--|
| Mitgliedschaft in Akademien:                  | Akademie der Wissenschaften zu Göttingen (1967 ord. Mitglied, 1978–80 Präsident, seit 1971 Vorsitzender der Gauß-Kommission).<br>Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (1974 ord. Mitglied, 1980–1990 Mitglied des Senats; Adjunkt für Niedersachsen) |
| Mitgliedschaft in Vereinen und Fachverbänden: | Astronomische Gesellschaft Göttingen (seit 1950; Vorsitzender 1972–75)<br>Gauß-Gesellschaft Göttingen (seit 1963; Vorsitzender 1964–77)<br>International Astronomical Union (seit 1952)<br>Council of the European Southern Observatory (ESO)                  |
| Akademische Ämter:                            | Dekan (Math.-naturwiss. Fak. 1966–67, Fachbereich Physik 1974–75),<br>Prorektor 1968, Rektor 1969 und Konrektor 1970 der Universität Göttingen   |

## Schlußworte des Generalsekretärs

Heinrich Heine beginnt seine 1826 niedergeschriebene und zwei Jahre zuvor durchgeführte Harzreise mit den Worten:

*„Die Stadt Göttingen, berühmt durch ihre Würste und ihre Universität, gehört dem König von Hannover. Sie enthält 999 Feuerstellen, diverse Kirchen, eine Entbindungsanstalt, eine Sternwarte, einen Karzer, eine Bibliothek und einen Ratskeller, wo das Bier sehr gut ist.“*

Heinrich Heine hat die Sternwarte bemerkt, nicht aber, daß darin Carl Friedrich Gauß lehrt. Nun: Heinrich Heine, der hochgelobte Dichter, teilt Ansichten mit, sehr persönliche, Carl Friedrich Gauß, der geniale Naturforscher, vermittelt Einsichten, allgemeingültige. So konnten die beiden wohl nicht zueinander finden.

Und wenn nun Heinrich Heine in seinem Werk etwas später fortfährt:

*„Im allgemeinen werden die Bewohner Göttingens eingeteilt in Studenten, Professoren, Philister und Vieh. Alle vier Stände sind streng voneinander geschieden, doch der Viehstand ist der bedeutendste“,*

so können wir uns dieser seiner Ansicht durchaus nicht anschließen. Wie hätten wir sonst Sie, lieber Herr Voigt, mit der Carl Friedrich Gauß-Medaille des Jahres 1993 auszeichnen, wie hätten wir Sie, lieber Herr Kippenhahn, bitten können, die Laudatio zu halten! Wir danken sehr, daß Sie zu uns nach Braunschweig gekommen sind, die wir offensichtlich weit weniger Probleme mit unseren Dichtern haben. Mein und unser aller Dank gilt aber auch den Vortragenden des heutigen Vormittags in der begleitenden wissenschaftlichen Veranstaltung: Herrn *Elsässer* aus Heidelberg, Herrn *Mezger* aus Köln und Herrn *Trümper* aus München. Sie haben dargestellt, wie sehr sich unser Wissen um das All in den letzten Jahrzehnten erweitert hat, da wir nicht nur wie früher das sichtbare Licht, sondern auch langwellige Radio- und Infrarot- sowie extrem kurzwellige Röntgenstrahlen als Botschaften von fernen Gestirnen entschlüsseln können.

Wie einfach sah es noch in der Schöpfungsgeschichte unseres Religionsunterrichts aus:

*„Und Gott sprach: Es werde eine Feste zwischen den Wassern, die sei ein Unterschied zwischen den Wassern. Da machte Gott die Feste und schied das Wasser unter der Feste von dem Wasser über der Feste. Und Gott nannte die Feste Himmel und setzte Lichter daran, daß sie scheinen auf Erden.“*

Was mich als Kind am meisten in Erstaunen setzte: jenseits des Himmels wieder nur Wasser? Aber ist das Erstaunen heute nicht noch größer, da man an Urknall und Schwarze Löcher glauben soll? Die Sternbilder stehen scheinbar unverändert wie in den Tagen unserer Kindheit: Orion und Großer Wagen, Zwillinge und Siebengestirn. Wem wird schon bewußt, daß jeder einzelne Stern aus einer anderen Epoche des Weltalls erzählt,

daß der Lichtstrahl des einen Sterns, der gerade in unser Auge fällt, vielleicht ausgesandt wurde zu einer Zeit, da es noch keine Menschen auf dieser Erde gab? Und es kann sein, daß jetzt, gerade in diesem Augenblick, da wir hier beieinander sitzen, im fernen Weltall etwas Unerhörtes, Unfaßliches geschieht, dessen Kunde unsere Erde erst erreichen wird, wenn die Menschheit schon lange ausgestorben ist.

Ich frage mich manchmal, wie Sie, die Astronomen und Astrophysiker, die Erkenntnisse über die Ungeheuerlichkeiten des Weltalls an Raum und Masse, an Energie und Zeit überhaupt ertragen können. Es ist dies wohl nur möglich in dem Ahnen um eine andere Welt, eine Welt, die wir mit unseren Sinnen nicht mehr erfassen können, eine Welt jenseits der Parameter Raum und Masse, Energie und Zeit. Wilhelm Raabe, unser Braunschweiger Dichter, hat es in seiner liebenswerten Art und in Bescheidenheit so ausgedrückt:

*Blick auf zu den Sternen, doch gibt acht auf die Gassen.*

Und unauslöschlich in Erinnerung geblieben ist mir der Ausspruch des großen Philosophen aus Königsberg, das auch meine Geburts- und Studienstadt war; er war in eine der Säulen seines Grabmals eingemeißelt und stammt aus der Kritik der Praktischen Vernunft:

*Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht, je öfter und anhaltender sich das Nachdenken damit beschäftigt: der bestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir. Der Anblick einer zahllosen Weltenmenge vernichtet gleichsam meine Wichtigkeit als eines tierischen Geschöpfes, das die Materie, daraus es ward, dem Planeten wieder zurückgeben muß. Der zweite dagegen erhebt meinen Wert als einer Intelligenz, unendlich durch meine Persönlichkeit.*

Sie haben uns mit den Klängen des Quartetts von Mendelssohn Botschaften aus dieser anderen Welt überbracht: dafür gilt Ihnen, den Solisten unseres Staatsorchesters Braunschweig, unser besonderer Dank. Sehr herzlich zu danken aber habe ich nicht zuletzt auch der Stadt Braunschweig und ihrer Repräsentanten, daß Sie uns ihre Festräume für unsere Feierliche Jahresversammlung so großzügig zur Verfügung gestellt haben und daß Sie uns nun bitten, das in diesen Stunden Gehörte noch mit Gesprächen bei einem Glase Wein ausklingen zu lassen.

Die Feierliche Jahresversammlung ist damit geschlossen.

Ulrich Wannagat

## **MITTEILUNGEN**

### **Veröffentlichungen**

Im Berichtsjahr wurden veröffentlicht:

„Jahrbuch 1992 der BWG“, mit 197 Seiten.

„Abhandlungen der BWG“ Band XLIII, mit 361 Seiten.

„Goslar: Bergstadt – Kaiserstadt“, mit 354 Seiten und 280 Abbildungen, als Band 6 der Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte.

### **Geschäftliche Mitteilungen**

Am 31.12.1993 gehörten der BWG 117 ordentliche Mitglieder, davon 71 unter 70 Jahren, sowie 70 korrespondierende Mitglieder an. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 22, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 34 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 15. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 62, zum Bereich Clausthal 12, zum Bereich Göttingen 7 und zum Bereich Hannover 36.

Am 08.10.1993 wurde Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.mult. Hans-Georg Unger für die Zeit vom 01.01.1994 bis zum 31.12.1996 zum neuen Vorsitzenden der Klasse für Ingenieurwissenschaften gewählt, nachdem die bisherigen Klassen für Ingenieurwissenschaften und für Bauwissenschaften an Hand der neuen Satzung der BWG zu einer einzigen Klasse zusammengeschlossen wurden. Diese Satzung wurde mit Erlaß vom 06.04.1993 durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur in Kraft gesetzt und im Nds. MBl. Nr. 16/1993, Seite 467 – 212.2 B VIII 23 – 1/87, veröffentlicht (siehe auch Seite 44).

Die BWG war bei den Feierlichen Jahresversammlungen der sieben deutschen Akademien der Wissenschaften (Düsseldorf, Göttingen, Halle/Leopoldina, Heidelberg, Leipzig, Mainz und München) durch seinen Präsidenten bzw. Abgesandte vertreten. Darüber hinaus war die BWG zu einer großen Zahl von Veranstaltungen des Landes Niedersachsen, der Stadt Braunschweig und einiger Gesellschaften und Hochschulen eingeladen.

Das Plenum trat am 10.12.1993 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm die Jahresberichte des Präsidenten und des Generalsekretärs entgegen und beschloß den Haushaltsentwurf 1995. Der Haushalt 1992 wurde entlastet. In Wahlsitzungen am 16.04. und 10.12.1993 wurden die auf Seite 247–249 vorgestellten neuen Mitglieder hinzugewählt.

Das am 10.12.1993 tagende Konzil wählte den Gauß-Preisträger 1994 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 10.06.1994 fest.



## PERSONALIA

### Todesfälle

Es verstarben im Berichtsjahr:

- 01.10.1993 Fran Bosnjakovic, Stuttgart, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c., o. Prof. em. für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt an der Universität Stuttgart, zuvor o. Prof. für Wärmetechnik an der Technischen Universität Braunschweig. Ordentliches Mitglied 1958–60, korrespondierendes Mitglied 1961–93 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften
- 10.10.1993 Hans Walter Hennicke, Clausthal, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem., o. Prof. em. für Keramik und Email an der Technischen Hochschule Clausthal; ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1971
- 27.10.1993 Hans Kroepelin, Braunschweig, Dr. phil., o. Prof. em. für Technische Chemie an der Technischen Universität Braunschweig; ordentliches Mitglied in der Klasse für Naturwissenschaften seit 1946, Präsident der BWG 1960–1962.

## Nachrufe

### ALFRED FÜHRBÖTER

\* 26.03.1931

† 19.05.1992

Am 19. Mai 1992 verstarb, kurz nach Vollendung seines 61. Lebensjahres, nach langem, mit großer Geduld und Tapferkeit ertragenen Leiden, Universitätsprofessor Dr.-Ing. habil. Alfred Führböter, Leiter der Abteilung Hydromechanik und Küstenwasserbau im Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig. Mit dem Verstorbenen verlor die Fachwelt einen hervorragenden Wissenschaftler und Kollegen, der durch seine persönliche Ausstrahlung und seine fachliche Kompetenz seine Studenten und Mitarbeiter in seinen Bann gezogen und geprägt hat. Seine wissenschaftliche Arbeit verdient höchste Anerkennung.

Geboren am 26. März 1931 in Hamburg, bestand Führböter 1949 in Stendal das Abitur. Er begann das Studium des Bauingenieurwesens zunächst an der TU Berlin und schloß es im Dezember 1960 an der Technischen Hochschule in Hannover erfolgreich ab. Bereits seit Juni 1957 war er als studentische Hilfskraft am Franzius-Institut der Universität Hannover eingesetzt, in dem er bis zu seiner Berufung an die TU Braunschweig als wissenschaftlicher Assistent und Oberingenieur und von 1967 bis 1971 als Universitätsdozent tätig war. Früh zeichnete er sich durch erste wissenschaftliche Arbeiten und Veröffentlichungen unter seinem damaligen Mentor und Förderer, Professor Walter Hensen, aus. Im Jahre 1961 wurde Führböter am Franzius-Institut mit einer Dissertation „Über die Förderung von Sand-Wasser-Gemischen in Rohrleitungen“ promoviert, und im Jahre 1966 habilitierte er sich an der Universität Hannover mit dem Thema „Der Druckschlag durch Brecher auf Deichböschungen“. Die Problematik dieses Themas beschäftigte Führböter bis zu seinem Tode, wobei ihm in den späteren Jahren die Versuchsergebnisse am „Großen Wellenkanal“ in Hannover die experimentellen Grundlagen für seine theoretischen Ansätze lieferten.

Im April 1971 wurde Führböter als Ordinarius für Hydromechanik und Küstenwasserbau an die TU Braunschweig berufen, unter gleichzeitiger Ernennung zu einem der Direktoren des Leichtweiß-Instituts. Neben seiner Lehrtätigkeit entfaltete er hier sehr bald eine rege Forschungstätigkeit, die bis zu seinem Tode in 90 wissenschaftlichen Veröffentlichungen ihren Niederschlag fand. Insbesondere waren es Fragen des Sedimenttransports in Rohrleitungen, des Wellendruckschlages auf Deichböschungen, der Baggertechnik, der Sturmflut-Analyse und -Vorhersage, der Energieumwandlung im Küstenvorfeld und des Küstenschutzes, denen sein besonderes wissenschaftliches Interesse galt. In den letzten Jahren beschäftigten ihn darüber hinaus in zunehmendem Maße auch mikrobiologische Einflüsse in Wattbereichen sowie Fragen des Meereswasserspiegelanstieges in der Deutschen Bucht.

Nach seinem Wechsel an die TU Braunschweig im Jahre 1971 blieb Führböter weiterhin in enger wissenschaftlicher Verbindung mit der Universität Hannover über die an der hannoverschen Universität angesiedelten Sonderforschungsbereiche 79 „Wasser-

forschung im Küstenbereich“ (1971–1980) und 205 „Küsteningenieurwesen“ (1981–1994). Er war entscheidend beteiligt an der Konzipierung des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten „Großen Wellenkanals“, der mit einem Kostenvolumen von rd. 25 Mio. DM eine einmalige Versuchseinrichtung darstellt. Sie wird als Gemeinsame Zentrale Einrichtung der Universität Hannover und der TU Braunschweig seit 1983 in Hannover betrieben. Von 1983 bis 1985 und 1989 bis 1992 war Führbötter Geschäftsführender Direktor dieser Forschungseinrichtung.

Durch die große thematische Vielfalt seiner Forschungsarbeiten erwarb sich Führbötter einen hervorragenden Ruf als Wissenschaftler im In- und Ausland, wobei insbesondere seine am „Großen Wellenkanal“ erzielten Forschungsergebnisse internationale Beachtung und Anerkennung fanden.

Als wissenschaftlicher Gutachter für die verschiedensten Landes- und Bundesbehörden, als Mitglied zahlreicher Fachausschüsse und Koordinator von Forschungsschwerpunktprogrammen sowie auch als Senatsmitglied der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat sich Führbötter bis zu seinem Tode große Verdienste erworben. Insgesamt 54 Dissertationen und 6 Habilitationen wurden von ihm an der TU Braunschweig betreut. Darüber hinaus war er Korreferent bei zahlreichen Promotionen an auswärtigen Universitäten.

Die Fachwelt verlor mit ihm einen herausragenden Wissenschaftler und vorbildlich engagierten Hochschullehrer, einen liebenswerten Kollegen, dessen Wirken durch einen viel zu frühen Tod ein unerwartet jähes Ende gesetzt wurde. Seinen Schülern, Mitarbeitern, Freunden und Kollegen wird Führbötter, der sich durch sein wissenschaftliches Können, seine persönliche Bescheidenheit und seine liebenswerte Hilfsbereitschaft besonders auszeichnete, unvergessen bleiben.

Der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehörte Führbötter seit 1989 als ordentliches Mitglied der Klasse für Bauwissenschaften an. Die Gesellschaft trauert um einen hervorragenden Wissenschaftler, dessen früher Tod große Hoffnungen und Erwartungen in wissenschaftlicher Hinsicht offen ließ. Die BWG wird Führbötter als einem der Ihren ein ehrendes Andenken bewahren.

Hans-Werner Partenscky



## KONRAD GAISER

\* 26. 11. 1929

† 03. 05. 1988

Am 3. Mai 1988 verstarb das Korrespondierende Mitglied der Klasse der Geisteswissenschaften, mein Kollege und Freund, Prof. Dr. Konrad Gaiser. Weil er mir einst erlaubt hatte, ihn als meinen Freund zu bezeichnen, kann dieser späte Nachruf nur den Charakter einer freundschaftlichen Erinnerung tragen.

Ich begegnete Konrad Gaiser in Tübingen im Jahre 1960; er war bereits habilitiert und hatte sich mit einem Plato-Buch einen Namen gemacht, ich war eben erst über Plautus promoviert, aber das gemeinsame Interesse an der antiken Komödie ermöglichte sofort ein intensives Gespräch, und seither riß die mündliche, telefonische und briefliche Diskussion nicht mehr ab. Wir sandten uns unsere Erzeugnisse zu, stets besprachen wir sie alsbald, und auch während meiner zehn Jahre in Südafrika blieb die Verbindung bestehen, ja gerade damals zeigte sich die unglaubliche Hilfsbereitschaft dieses Mannes aufs Schönste, denn unermüdlich und nie ohne ein freundliches und ermunterndes Wort sandte er mir Jahr für Jahr die für meine Arbeiten notwendigen Materialien in dieses Ende der Welt, um mir aufs freigiebigste zu helfen. Eben dieses war etwas, das diesen so vielbeschäftigten Kollegen auszeichnete: seine unermüdliche Hilfsbereitschaft und unverdrossene Bereitschaft, mit einem freundlichen Wort über Schwierigkeiten hinwegzuhelfen.

Konrad Gaiser hat seiner Wissenschaft, der Klassischen Philologie, und da besonders der Erforschung Platos und des Aristoteles einerseits, der antiken Komödie andererseits, große Dienste erwiesen, Dienste, die Helmut Flashar im *Gnomon* 61, 1989, 659 ff. gewürdigt hat. Hervorzuheben ist dabei aber dies, daß Konrad Gaiser ein Gelehrter war, der keine Angst davor kannte, einmal etwas zu denken, das keinem anderen eingefallen, das ganz ausgefallen war und dennoch fruchtbar zu sein versprach. Hierher gehören seine Rekonstruktionen antiker Dramen. Hinzu kommt der Aufbau des reich dokumentierten Plato-Archivs an Gaisers Wirkungsstätte Tübingen. Vieles hiervon wird bleiben; bleiben wird mir aber auch etwas anderes, das ich immer als vorbildhaft betrachtete und das in unserem immer dürrer werdenden Universitätsbetrieb immer mehr abhanden kommt: zum einen eine heitere Freundlichkeit und fröhliche Ironie, die immer auch ihn selber mit einbezog, zum anderen die Bereitschaft, auch unter Hintansetzung eigener Interessen einem Kollegen selbstlos zu helfen. Seine heitere Ironie zeigte sich z. B. daran, daß er in einem Vortrag über sich selber sagte, Platon sei ein „Standbein“, die Komödie sein „Spielbein“ – großer Ernst (der intensive Ernst seiner Forschungen im Bereich griechischer Philosophie) mischt sich hier mit dem Schuß Verspieltheit, die seine Gedanken über die antike Komödie auszeichnen.

Am Tage der Beisetzung in Tübingen sprach ich viel mit Kollegen und Studenten über Konrad Gaiser. Es gab keinen, der nicht dankbar betont hätte, daß gerade die Menschlichkeit dieses doch bedeutenden Gelehrten es sein werde, die von da an fehlen werde. Mir schien immer auch diese Eigenschaft an ihm bemerkenswert: daß er niemals, selbst nicht im intimen Gespräch, einen fernen Kollegen herabsetzte (wie dies so gern im kleinen Kreise geschieht), daß er stets bereit war, auch an der Leistung eines wissen-

schaftlichen Gegners das Gute hervorzukehren; daß er bemüht war, an den Leistungen auch der Studenten, denen die Dinge schwerer fielen, das Gelungene herauszuheben. Kurzum, ich traure über manches, was mit ihm dahingegangen ist, am meisten aber um seine wunderbare Güte.

Gregor Maurach, Münster

## HANS-HERLOFF INHOFFEN

\* 06.03.1906

† 31.12.1992

*Hans Herloff Inhoffen* war einer der großen deutschen Naturstoffchemiker. Er fühlte sich vor allem von der Synthese sehr komplizierter Verbindungen mit hoher biologischer Aktivität herausgefordert. Er war ein stimulierender, bisweilen sogar provozierender akademischer Lehrer, zugleich ein geschickter wie wirklichkeitsnaher Wissenschaftsmanager.

Er wurde am 6. März 1906 als Sohn einer Kaufmannsfamilie in Döhren bei Hannover geboren. Seine Schulzeit verbrachte er in Berlin-Schmargendorf; dort legte er 1926 seine Reifeprüfung am Kleist-Realgymnasium ab. Er begann zwar unmittelbar danach sein Chemiestudium an der Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, zeigte aber bald jene bemerkenswerte Mobilität, die man bei heutigen Studenten so sehr vermißt. Nach den ersten beiden Semestern ging er für ein Jahr nach Bonn und anschließend sechs Monate nach England, 1930 war er jedoch wieder zurück in Berlin, um bereits nach 4 Studienjahren seine Diplomprüfung abzulegen.

Er schloß sich dann dem Sohn des Nobelpreisträgers *Emil Fischer*, *Herrman O. L. Fischer*, zur Doktorarbeit an und wurde bereits 1931 mit einer Untersuchung „Über Oxy-carbonsäuren der Cyclohexanreihe“ promoviert.

Nach der Promotion riet ihm *Walter Schöller* – ein Schüler Emil Fischers, der viele Jahre die Forschung der *Schering AG* leitete und ein Freund der Familie war – zum Nobelpreisträger *Windaus* nach Göttingen zu gehen und dort über Steroide zu arbeiten. *Inhoffen* leistete hier wichtige Beiträge zur Strukturermittlung des Ergosterins. Als *Schöller* einen tüchtigen jungen Chemiker für sein Berliner Forschungslabor suchte, wurde er von *Windaus* sehr für diese Aufgabe empfohlen. So sehen wir denn bereits 1935 den nunmehr 29jährigen *Inhoffen* wieder in Berlin als Forscher im Hauptlabor der *Schering AG*. Da zu diesem Zeitpunkt für den Hormonhersteller *Schering* die Östrogen-wirksamen Substanzen im Mittelpunkt des Interesses standen, wurde *Inhoffen* 1936 zu einem Forschungsaufenthalt bei dem berühmten Biochemiker *Charles Dodds* nach England geschickt, der am Cortaulds Institute of Biochemistry über nichtsteroidale Östrogene arbeitete – Studien, die schließlich zur Synthese des Stilböstrols führten.

Nach der Rückkehr aus England arbeitete *Inhoffen* dann bis zum Ende des zweiten Weltkriegs als Abteilungsleiter im Berliner Hauptlabor, und in diesen Jahren wurden sehr beeindruckende Resultate erzielt, die er auch häufig selbst als seine wichtigsten Beiträge zur Hormonforschung bezeichnet hat.

Im Rahmen der Versuche, die von dem Pharmakologen *Hohlweg* erwünschten 17-Hydroxycarbonsäuren des Östrons zu präparieren, synthetisierte *Inhoffen* das berühmte 17-Ethinylöstradiol. Dieses wurde sicherheitshalber ebenfalls zum pharmakologischen Test gegeben und entfaltete dabei eine enorme östrogene Wirkung, selbst bei oraler Gabe. Diese Substanz ist noch heute der tragende Wirkstoff in oralen Kontrazeptiva, die bei der Geburtenregelung eine entscheidende Rolle spielen. Obwohl 17-Ethinylöstradiol bereits 1938 von *Inhoffen* und *Hohlweg* beschrieben wurde, kam es – bedingt durch die

Kriegsereignisse – erst 1949 unter dem Handelsnamen *Progynon C* zur therapeutischen Anwendung. Die Tatsache, daß amerikanische Firmen die praktische Erprobung bereits während des Krieges vornehmen konnten, hat mancherorts falsche Vorstellungen über die Prioritäten ausgelöst.

Es sei nur am Rande erwähnt, daß sich die seinerzeit angestrebten Hydroxycarbonsäuren, nachdem sie anläßlich *Inhoffens* 60. Geburtstag von Forschungsschemikern der *Schering AG* hergestellt worden waren, als völlig unwirksam erwiesen.

*Inhoffens* zweiter bahnbrechender Beitrag war die Entwicklung einer einfachen und effizienten Methode zur Aromatisierung des Ringes A der Steroide. Diese Transformation eröffnet einen flexiblen Zugang zum aromatischen System des Östrons und schafft Unabhängigkeit von der mühsamen und unbequemen Gewinnung aus Harn.

Die große Bedeutung, die der Hormonchemie beigemessen wurde, war der Anlaß dazu, gegen Kriegsende nach einer Ausweichmöglichkeit für die Produktion Ausschau zu halten; für den Fall, daß Berlin von der russischen Armee besetzt werden sollte. Zur Vorbereitung dieser Auslagerung befand sich *Inhoffen* zur Zeit der Kapitulation in Braunschweig – ein Tatbestand, der ihn nach eigenem Bekunden und im Gegensatz zu anderen Schering-Forschern – sehr wahrscheinlich vor der Erschießung durch die russischen Truppen bewahrte. Da die große wissenschaftliche Bedeutung der Östronarbeiten *Windaus* bereits 1943 dazu veranlaßt hatte, *Inhoffens* Habilitation in Göttingen zu beantragen, konnte dieser 1945 seine Hochschullaufbahn durch Übernahme des Lehrstuhls für Physiologische Chemie an der Universität Marburg beginnen.

Schon 1946 erreichte ihn dann ein Ruf auf den Lehrstuhl für Organische Chemie an der Technischen Hochschule Braunschweig, und es begann damit eine zweite sehr bemerkenswerte Schaffensphase mit international hochgeachteten Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Naturstoffsynthese und mit vielen sehr schönen Erfolgen als Hochschullehrer und Institutsdirektor.

Der Auftakt wurde mit der Totalsynthese des  $\beta$ -Carotins gemacht, bei der wichtige methodische Innovationen zum Zuge kamen. Besonders hervorzuheben ist die Totalsynthese des Vitamins D<sub>3</sub>. Nicht nur, weil hier ein *Windaus*-Schüler die erste Synthese in der von *Windaus* entdeckten D-Serie vorlegen konnte, sondern auch, weil hier *Inhoffens* intensives Verfolgen der Literatur und sein waches Gespür für neuartige und Lücken im Methodenarsenal schließende Synthesetechniken sichtbar wird.

Er erkannte natürlich sofort den hohen Wert der *Wittig*-Reaktion für die Etablierung der exocyclischen Doppelbindung des Vitamin-D, und es steht außer Zweifel, daß hier die erste Anwendung der später mit dem *Nobelpreis* geadelten *Wittig*-Reaktion bei der Totalsynthese eines komplexen Naturstoffes beschrieben wird. Nach *Inhoffens* eigenen Worten mußte die Vitamin-D-Synthese auf die Entdeckung der *Wittig*-Reaktion „warten“, denn die vor diesem Zeitpunkt verfügbaren Transformationen waren nicht imstande, das Problem zu lösen.

In den letzten Jahren vollzog *Inhoffen* noch mit viel Energie und unter Einarbeitung in ein völlig neues Arbeitsgebiet einen Schwenk zu den Heterocyclen und widmete sich intensiv dem Studium spezieller Metallkomplexe der Porphyrine und Corrine, den Grundgerüsten des Chlorophylls bzw. des Vitamins-B<sub>12</sub>.

In der Braunschweiger Zeit entwickelte *Inhoffen* auch zahlreiche Aktivitäten in seiner Funktion als Hochschullehrer. So war er mehrere Jahre Rektor der Technischen Hochschule, so führte er 12 junge Naturwissenschaftler zur Habilitation, von denen 6 später eigene Lehrstühle übernahmen, so gründete er ein vielbeachtetes Naturstoffkolloquium, an dem die Hochschulen Braunschweig, Göttingen und Zürich beteiligt waren, und so war er schließlich der unermüdliche Motor bei der Einrichtung eines Instituts für Molekularbiologische Forschung in Braunschweig-Stöckheim, als klar wurde, daß die dort von der Firma *Gevaert* geplanten Entwicklungslaboratorien nach der Fusion mit *Agfa* nicht für den ursprünglichen Zweck genutzt werden würden. Aus dieser Gründung, die er mit großem Einsatz betrieben hat und auf die er mit Recht stolz war, ging dann im Laufe der Jahre die renommierte und international angesehene Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (*GBF*) hervor.

Für all diese Unternehmungen waren sicher einige wichtige Wesenszüge und Charaktereigenschaften *Inhoffens* förderlich, so z. B. seine ausgeprägte Menschenkenntnis sowie seine Gabe, Fähigkeiten von Kollegen und Mitarbeitern rasch zu erkennen und diese dementsprechend mit Aufgaben zu betrauen und zu fördern. Er hatte außerdem den hohen Wert eines „anständigen Klimas“ für eine ersprießliche wissenschaftliche Zusammenarbeit erkannt, und war das *Schering*-Labor schon während der NS-Zeit eine Insel für politisch gefährdete Mitarbeiter gewesen, so lag *Inhoffen* auch in den Braunschweiger Jahren das Wohl und Wehe der ihm Anvertrauten sehr am Herzen. Um so manches Problem, das Mitarbeitern oder Angestellten zu schaffen machte, kümmerte er sich höchstpersönlich. Querulantengemüter waren gut beraten, sich dem Institut fernzuhalten, denn hier konnte es schon einmal zu einer heftigen Eruption kommen, mit sehr eindeutigen und unmißverständlichen Aussagen, wie überhaupt Klarheit und Offenheit bei Kontakten mit *Inhoffen* wesentlich waren. Jeder wußte zu jedem Zeitpunkt, woran er war, und es blieb kein Zweifel bezüglich der jeweiligen Positionen. Für zarte Seelen möglicherweise bisweilen ein Problem. Der Chronist hingegen hat diese Transparenz immer als sehr angenehm empfunden. Schließlich muß man die unvorstellbare und schier grenzenlos erscheinende Energie und Einsatzbereitschaft sowie seine Fähigkeit zu anhaltendem Engagement bewundern, die auch durch Rückschläge oder Enttäuschungen nicht beeinträchtigt werden konnten.

Die vielfältigen Leistungen, die daraus erwuchsen, wurden durch zahlreiche Ehrungen gewürdigt. So wählte man ihn schon früh zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Mainz, der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen sowie der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Die Universität Hannover verlieh *Inhoffen* 1950 die *Karmasch-Medaille* und die Gesellschaft Deutscher Chemiker zeichnete ihn 1960 mit der *Emil-Fischer-Medaille* aus. 1966 ernannte ihn die Medizinische Fakultät der Universität Hamburg zum Ehrendoktor, und es folgte 1973 die Verleihung des Großen Verdienstkreuzes des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland durch den Bundespräsidenten. Nach seiner Emeritierung zog es ihn nach kurzem Zwischenaufenthalt in Göttingen nach Konstanz, wo er von Anfang an wieder den Kontakt zur Hochschule aufnahm.

Er starb dort am Silvestertag des Jahres 1992.

Eckehart Winterfeldt, Hannover

## KARL-HERMANN KÖRNER

\* 08.03.1941

† 01.09.1992

Im September vorigen Jahres ist der Romanist Karl-Hermann Körner verstorben. Ende Juni hatte er noch auf der interdisziplinären und gemeinsamen Veranstaltung unserer Universität und der Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel gesprochen. Und vor der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft hatte er im Mai vorgetragen – der Romanist, der die Sprachen der Romania so virtuos beherrschte.

„Beherrschte“ – die Grammatik ist unerbittlich. Das Tempus ‚Präteritum‘ indiziert das Vergangene. Dem Vergangenen widersetzt sich die Erinnerung, die das Vergangene gegenwärtig macht. Ich setze auf Erinnerung.

Karl-Hermann Körner ist am 8. März 1941 in Rothkosteletz in Böhmen geboren. 1961 macht er in Fritzlar sein Abitur und studiert von 1961 bis 1967 in Marburg und Oviedo, Hamburg und Lissabon. Er wird 1967 „summa cum laude“ promoviert mit der Arbeit „Die Aktionsgemeinschaft finites Verb und Infinitiv im spanischen Formensystem – Vorstudie zur Sprache von Pedro Calderón de la Barca“. 1973 wird er auf die Professur für Romanische Sprachwissenschaft der Technischen Universität Braunschweig berufen, nachdem er zuvor Professeur associé für „Philologie espagnole“ in Bordeaux war und 1972 einen Ruf für Iberoromanistik an die Universität Groningen abgelehnt hatte. Im Juli 1985 lehnt er einen Ruf nach Stockholm ab, und 1988 wird er zum Honorarprofessor an der Universität Göttingen ernannt.

Immer wieder bricht Karl-Hermann Körner gen Süden auf, ob er nun zur Vortragsreise in Lateinamerika ist oder erneut – vorübergehend – in Bordeaux lehrt. Aber er zieht auch gen Osten – im Wintersemester 1990/91. Im Rahmen des DAAD-Programms nach der Wende liest er an der Humboldt-Universität in Berlin über „Die romanischen Sprachen aus kontrastiv-typologischer Sicht“.

Da haben wir sein Lebensthema. Karl-Hermann Körner betreibt ein vergleichendes Studium der romanischen Sprachen, die er, vor allem syntaktisch, typologisiert. „Sprachtypologisches zum *Ave Maria*, anlässlich Jean-Luc Godards anstößigen Film(titel)s“ heißt ein kleiner, aber brillanter Aufsatz von 1986. „Gegrüßet seist du, Hochbegnadete“ – so begrüßt der Engel Gabriel die Jungfrau Maria (Neues Testament, Lukas 1, Vers 28). „Je vous salue, Marie“ heißt es, mit Spitzenstellung des Subjekts im Französischen, anders als im Deutschen. Anders auch das Spanische, das sich mit weiteren romanischen, z. B. „kleineren“ Sprachen wie dem Okzitanischen und Sardinischen, vom Französischen entfernt: „Salve, llena de gracia“. Den spezifischen Strukturen, Gemeinsamkeiten und Differenzen der romanischen Sprachen gilt immer wieder sein Forschungsinteresse.

Wissenschaftliche Aufsätze bevorzugen das Präsens. Die Schriften bleiben, Karl-Hermann Körner hat eine bedeutsame Reihe wissenschaftlicher Publikationen vorgelegt. Das wissenschaftliche Werk steht gegen das Vergessen, wie auch unsere Erinnerung, die unserem Mitglied gilt. Seit 1990 war Karl-Hermann Körner Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Wir werden dem früh Verstorbenen ein ehrenendes Andenken bewahren.

Helmut Henne, Braunschweig

## THEODOR RUMMEL

\* 30.05.1910 † 9.6.1992

(Vorgetragen in der Plenarversammlung am 10. Juli 1993)

Am 9. Juni 1992 verlor die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft den in seinem 83. Lebensjahr stehenden ordentlichen Professor emeritus Dr.-Ing. habil. Theodor Rummel. Am 30. 5. 1910 in München geboren und dort aufwachsend, hat er anschließend an sein Abitur nach nur vier Jahren Studium an der Technischen Hochschule München 1933 den Grad des Diplom-Ingenieurs erworben. Bereits zwei Jahre später, als Doktorand am Elektro-Physikalischen Laboratorium der TH München, wurde er dort promoviert.

Während der vorgezogenen Praktikantentätigkeit und während des eigentlichen Studiums lernte er viele handwerkliche Arbeiten und den Umgang mit Werkzeugmaschinen kennen. Dadurch wurde nicht nur der Grundstein für einschlägige Sachkenntnis, sondern auch für seine Freude an handwerklichen Tätigkeiten im häuslichen Bereich gelegt. So konnte er insbesondere seiner späteren Frau, die er 1938 anlässlich einer Tätigkeit im Auftrage der Firma Siemens und Halske AG am Physikalischen Institut der Universität Greifswald kennenlernte, deren Freude an Biedermeiermöbeln durch sachkundige Aufarbeitung unterstützen.

Nach Beendigung seiner Forschungsassistententätigkeit an der TH München trat er 1936 in die Dienste der Firma Siemens und Halske AG. Mit 30 Jahren konnte er die Habilitations-Urkunde der TH München entgegennehmen. Dort wirkte er ab 1947 als Lehrbeauftragter, wurde fünf Jahre später zum Privatdozenten ernannt und erhielt 1958 die Amtsbezeichnung apl. Professor.

Während seiner insgesamt 26jährigen Industrietätigkeit arbeitete er mit großem Erfolg in den Standorten Berlin – mit einjähriger Abordnung an das Physikalische Institut der Universität Greifswald –, Vilsbiburg, Erlangen, Karlsruhe und München. In dieser Zeit hat er auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Technik als überaus erfolgreicher Entdecker und Erfinder gearbeitet, was eindrucksvoll in über 200 in- und ausländischen Patentschriften zum Ausdruck kommt. Die Vielseitigkeit der bearbeiteten Problemkreise wie: Dünne Schichten, Gasentladungen, Ultraschall, Metallkunde, Flüssige und Feste Isolierstoffe, Elektrothermie, Magnetkräfte in Schmelzen, Dielektrische Eigenschaften und insbesondere Halbleitertechnik, ist ein eindrucksvoller Beweis für das außerordentliche Spektrum seiner Fähigkeiten. Das gleiche Bild vermitteln seine sonstigen Veröffentlichungen. Dazu einige Stichworte:

Wachstum und Aufbau elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxid-Schichten,  
 Stabilisierung elektrischer Gasentladungen unter Atmosphärendruck mittels elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxid-Schichten,  
 Entgasung von Metallen durch Schall und Ultraschall,  
 Veränderungen dielektrischer Flüssigkeiten durch elektrische Gasentladungen,  
 Hochspannungsentladungsschemie und ihre industrielle Anwendung,

Elektrothermie des Eisens, der Nichteisenmetalle, der Gase und der Dielektrika,  
der zeitliche Verlauf elektrodynamischer Kräfte in metallischen Leitern,  
Induktive Durchflußmessung,  
Elektrowärme und Umweltschutz,  
Wärmepumpenheizung.

Weltweite Bedeutung, Anerkennung und Anwendung fanden seine umfassenden Arbeiten zur Herstellung von für die moderne Halbleitertechnik geeigneten Einkristallen aus Germanium und dann verstärkt aus Silizium, nachdem dessen günstigere Eigenschaften als Halbleiter-Grundmaterial erkannt wurden. Das Hauptproblem war die Herstellung der Grundsubstanz mit einem Reinheitsgrad von maximal einem (1) elektrisch aktiven Fremdatom innerhalb einer Milliarde ( $10^9$ ) Siliziumatomen. Aufbauend auf in zwei chemischen Stufen hergestelltem polykristallinem Silizium entwickelte Theodor Rummel, trotz unvermeidlicher Fehlschläge, beharrlich komplizierte Verfahren wie: das Dünnziehen aus induktiv angeschmolzenem Material; den stufenweisen An- bzw. Abbau von Dotierkomponenten; das tiegellose vertikale Zonenschmelzverfahren zur Herstellung von Reinst-Silizium; das Regelprinzip zur Herstellung einkristalliner Siliziumstäbe konstanten Durchmessers; das als Epitaxie bekannte einkristalline Abscheiden von Silizium aus der Gasphase. Mit diesen Arbeitsergebnissen wurde die Entwicklung der Halbleiter-Technologie maßgeblich gefördert. Ihm gebührt die Anerkennung, als ein Pionier der Siliziumtechnik bezeichnet zu werden.

1962 wurde Theodor Rummel als ordentlicher Professor an den Lehrstuhl für Elektrowärme und als Direktor an das gleichnamige Institut der Technischen Hochschule Hannover berufen, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1978 sein umfassendes Wissen und Können an Generationen junger Studenten weitergeben konnte, und wo er sich auf dem breiten Spektrum der Elektrowärme-Verfahren als Forscher große Verdienste erwarb. Er mußte den hohen Anforderungen gerecht werden, die man verständlicherweise an das einzige Elektrowärme-Institut an wissenschaftlichen Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland stellte. Diese Erwartungen hat Rummel mit einem überzeugenden Aufbau voll erfüllt.

Sein Lebenswerk als Wissenschaftler und Erfinder ist neben der großen Zahl seiner Patente noch in etwa 40 Fachveröffentlichungen dokumentiert.

Ihm waren in hohem Maße dafür erforderliche Intelligenz, Kreativität, Fleiß und Hartnäckigkeit im Verfolgen des angestrebten Ziels gegeben, solange eine Erfolgsaussicht bestand. Bestätigte sich diese nicht, versuchte er es ohne Umschweife auf einem anderen Weg.

Er besaß darüber hinaus großes didaktisches Geschick, auch schwierige und komplexe Zusammenhänge möglichst einfach und treffsicher verständlich zu machen, und er wußte dank seines unterschwelligen Humors seine Vorlesungen mit trefflichen Bonmots zu würzen.

Solche Persönlichkeitsmerkmale finden selbstverständlich auch in zwischenmenschlichen Beziehungen ihren Niederschlag. Richtig Erkanntes vertrat er offen und konsequent; nach Möglichkeit, ohne dabei persönlich zu werden. Alle genannten Eigenschaf-



ten machten ihn zu einer komplexen und bewundernswerten, aber auch eigenwilligen und daher gelegentlich schwierigen Persönlichkeit. Akzeptierte man diese Eigenschaften, ohne sich deswegen verleugnen zu müssen, so erwies er sich als ausgesprochen verlässlicher Partner.

In seiner Frau hatte er eine Lebensgefährtin gefunden, die es mit Klugheit und Takt verstand, diesen ruhelosen und ein wenig komplizierten Menschen behutsam in seinem Temperament zu dämpfen, ohne dadurch seinen Schaffensdrang einzuzengen. Sie schenkte ihm drei Söhne.

Das Persönlichkeitsbild Theodor Rummels wäre unvollständig, würden nicht auch seine ausgeprägten sportlichen Ambitionen erwähnt. Als Jugendlicher wurde er ein erfolgreicher Rennruderer. Später erwarb er den Freiballon-Führerschein. Einmal wurde er sogar nach Frankreich abgetrieben, was natürlich in der damaligen Zeit nicht problemlos verlief. Bis zu seiner tödlichen Erkrankung besaß er eine hervorragende körperliche Kondition, die er bei ausgedehnten Hochgebirgswanderungen mit seinen Söhnen bis in Höhen über 3000 m unter Beweis stellte. Er war sehr heimatverbunden, was seine geringe Neigung zu Reisen in fremde Länder erklären mag. Er hatte eine ausgeprägte Vorliebe für Zweiräder hervorragender Technologie, mit und ohne Motor, durch Verbrennung oder elektrisch angetrieben. Noch mit 81 Jahren erwarb er zwei Maschinen, eine für den Stadtverkehr, eine für gemeinsame Fahrten mit seinen Söhnen in die Umgebung von München.

Neben seiner Tätigkeit als Hochschullehrer hat er sich zahlreichen weiteren Aufgaben mit großem Einsatz zur Verfügung gestellt. So nahm er bis zum Sommersemester 1976 einen Lehrauftrag an der Universität seiner Heimatstadt wahr und wirkte anschließend im gleichen Status an der Münchener Hochschule der Bundeswehr. Bis ein Jahr nach seiner Emeritierung hat er vertretungsweise seine alte Funktion am Elektrowärme-Institut in Hannover weiter ausgeübt und noch bis 1981 Vorlesungen gehalten.

Er war ehrenamtlicher Geschäftsführer der seit 1937 bestehenden „Vereinigung zur Förderung des Instituts für Elektrowärme der Technischen Hochschule Hannover e.V.“, Mitglied des Deutschen Komitees für Elektrowärme (DKEW), er gehörte einem Fachausschuß der Union International d'Electrothermie (UIE) an, er wirkte in einem Normengremium der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE im VDE) mit, ferner in der VDE-Kommission Berufsfragen, er war Beiratsmitglied der Zeitschrift Elektrowärme International und wurde 1969 aufgrund seiner überragenden Leistungen in die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft aufgenommen, in welcher er in der Klasse für Ingenieurwissenschaften in den Jahren 1977 bis 1979 den Vorsitz übernahm.

Seinen Schülern und Kollegen wird Theodor Rummel stets ein Vorbild für Fleiß, Können und Korrektheit sein und als Mensch mit ausgeprägter, beeindruckender Individualität in Erinnerung bleiben.

Karlheinz Bretthauer, Clausthal-Zellerfeld

## Zuwahlen

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden gewählt:

am 10. 12. 1993 bzw. am 16. 04. 1993 in die Klasse für Ingenieurwissenschaften

**Mühlbauer**, Alfred, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Univ.-Prof. für Elektrowärme an der Universität Hannover. Westerfeldweg 44, 30900 Wedemark

- 1932, 09. 11. geboren in Bad Wörishofen
- 1939–1951 Volks- und Berufsschule in Bad Wörishofen
- 1948–1951 Lehre als Elektromaschinenbauer in Bad Wörishofen
- 1953–1957 Fachschulreife und Studium der Elektrotechnik am Otto von Miller-Polytechnikum in München. Fachhochschulingenieur.
- 1957–1961 Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen und an der TH München
- 1961–1963 Entwicklungsingenieur im Halbleiterwerk der Fa. Siemens in München
- 1963–1969 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektrowärme der TU Hannover
- 1968 Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Hannover
- 1969–1979 bei der Firma Siemens in München: 1969 Laborleiter Siliciumtechnologie, 1974 Fertigungsleiter „Silicium“, 1976 Stellvertretender Leiter für die Lizenzprojekte (weltweit) Leitungshalbleiter und Silicium
- 1979–heute Univ.-Professor C 4 und Direktor des Instituts Elektrowärme der Universität Hannover (1983–85 Dekan Fachbereich Elektrotechnik, 1993–94 Vorsitzender der Fakultät für Maschinenbau)
- Publikationen: Rund 100 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften
- Bücher: mit W. Keller: Floating Zone Silicon. Marcel Decker, New York 1986.  
mit H. Conrad und R. Thomas: Elektrothermische Verfahrenstechnik. Vulkan-Verlag, Essen 1993.
- Herausgeber: Industrielle Elektrowärmetechnik. Vulkan-Verlag, Essen 1992.  
Zeitschrift „elektrowärme international“. VulkanVerlag, Essen.

**Steck**, Elmar, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., o. Prof. für Mechanik an der Technischen Universität Braunschweig. Mauernstr. 12, 38154 Königslutter am Elm/Bornum

- 1935, 11.07. geboren in Munderkingen, Kreis Ebingen
- 1941–1946 Volksschule in Munderkingen
- 1946–1955 Lateinschule Munderkingen, Gymnasium Riedlingen. Abitur
- 1955–1960 Studium der Fachrichtung Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule Stuttgart. Dipl.-Ingenieur.
- 1959–1963 Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Technische Mechanik der TH Stuttgart
- 1964–1968 Wissenschaftlicher Assistent und Akademischer Rat am Institut für Umformtechnik der TH Stuttgart
- 1965 Promotion zum Dr.-Ing. an der TH Stuttgart/ Fakultät für Bauwesen
- 1968–1970 Senior Engineer in der Abt. Engineering Mechanics der Atomic Power Divisions der Firma Westinghouse in Pittsburgh, USA.
- 1970–1973 Mitglied in der Entwicklungsabteilung der Fa. Hochtemperatur-Reaktorbau GmbH, Mannheim

- 1973            Habilitation für Technische Mechanik an der Universität Stuttgart  
 1974–heute    o. Professor für Mechanik an der Technischen Universität Braunschweig  
                  (1977–78 Geschäftsführender Direktor des Mechanik-Zentrums,  
                  1987–88 Dekan des Fachbereichs Maschinenbau, 1991–92 Vorsitzender der  
                  Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik)
- Publikationen: Zahlreiche Veröffentlichungen in einschlägigen Fachzeitschriften und Kompendien
- Bücher:        Numerische Behandlung von Verfahren der Umformtechnik. Verlag  
                  W. Girardet, Essen 1971
- Sprecher:      Sonderforschungsbereich 319 („Stoffgesetze für das inelastische Verhalten  
                  metallischer Werkstoffe“) seit 1985

am 16. 04. 1993 in die Klasse für Geisteswissenschaften

**Schneidmüller**, Bernd, Dr. phil., Univ.-Prof. C4 für Mittelalterliche Geschichte an der Technischen Universität Braunschweig. Wabenweg 22, 26125 Oldenburg

- 1954, 22. 01.    geboren in Hainchen/Hessen
- 1960–1972      Volksschule Hainchen, Wolfgang-Ernst-Gymnasium Bidingen. Reifeprüfung.
- 1972–1976      Studium der Geschichte, Germanistik, Evgl. Theologie und Rechtsgeschichte an den Universitäten Zürich und Frankfurt am Main
- 1976            Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien
- 1977            Zeugnis des Graecums am Heinrich von Gagern-Gymnasium in Frankfurt am Main.
- Promotion zum Dr. phil. an der Universität Frankfurt am Main
- 1978–1985      Wiss. Assistent an den Historischen Seminaren an der Universität Frankfurt am Main und der Technischen Universität Braunschweig
- 1985            Habilitation für Mittelalterliche Geschichte und Privatdozent an der Technischen Universität Braunschweig
- 1987–1990      „Fiebiger-Professur“ für Geschichte des Mittelalters an der Universität Oldenburg
- 1990            Prof. C4 für Mittelalterliche Geschichte an der TU Braunschweig
- Publikationen: 30 Aufsätze, 50 Handbuch- und Lexikonartikel, 150 Rezensionen
- Bücher:        Karolingische Tradition und frühes französisches Königtum (1979).  
                  Nomen patriae. Die Entstehung Frankreichs in der politisch-geographischen Terminologie (1987)
- Mitglied in     Historische Kommission für Niedersachsen und Bremen (seit 1987),
- Kommissionen: Frankfurter Historische Kommission (seit 1989)

Zum korrespondierenden Mitglied wurde am 16.04.1993 in die Klasse für Geisteswissenschaften gewählt:

**Ströker**, Elisabeth, Dr. phil. Dr. phil. h.c., o. Prof. für Philosophie am Philosophischen Seminar der Universität Köln. Wüllnerstr. 135, 50935 Köln

Geboren am 17. 08. 1928 in Dortmund, Abitur am Neusprachlichen Gymnasium in Herford, Studium der Philosophie, Mathematik und Chemie mit Promotion an der Universität Bonn, Habilitation in Philosophie an der Universität Hamburg, o. Prof. für Philosophie an der TU Braunschweig 1965–71, seither an der Universität Köln. Dr. phil. h.c. der Reichsuniversität Utrecht.



## Mitgliederverzeichnis

(Stand 31.12.1993)

### **Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft**

Fallersleber-Torwall 16, 38100 Braunschweig

Telefon: (05 31) 1 44 66

*Präsident:* Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Werner Leonhard  
(bis 31.12.1995)

*Generalsekretär:* Prof. em. Dr. Dr. h.c. Ulrich Wannagat  
(bis 31.12.1994)

*Geschäftsstelle:* Frau Hannelore Haubold (Büroleiterin)  
Frau Gabriele Köppelmann-Dennstedt

### **Klasse für Naturwissenschaften und Mathematik**

*Vorsitzender:* Prof. em. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Kowalsky (bis 31.12.1994)

#### *Ordentliche Mitglieder:*

- Becker, Gerhard (21.12.1916), Dr. rer. nat., Dr.-Ing. h.c., Ltd. Dir. u. Prof. i.R. (Physik, PTB Braunschweig), Dießelhorststraße 32, 38116 Braunschweig
- Bogen, Hans Joachim (19.11.1912), Dr. rer. nat., Prof. em. (Botanik, TU Braunschweig), Am Hohen Tore 4A, 38118 Braunschweig
- Braß, Helmut (22.2.1936), Dr. rer. nat., Prof. (Angewandte Mathematik, TU Braunschweig), Hilsstraße 26, 38122 Braunschweig
- Cramer, Friedrich (20.9.1923), Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Organische Chemie, MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen), Hermann-Rein-Straße 3F, 37075 Göttingen
- Dieminger, Walter (7.7.1907), Dr. rer. techn., apl. Prof. u. Dir. i.R. (Aeronomie, MPI für Aeronomie, Lindau), Berliner Straße 14, 37176 Nörten-Hardenberg
- Ehrich, Hans Dieter (2.2.1943), Dr. rer. nat., Prof. (Inst. f. Programmiersprachen und Informationssysteme), Mannheimstraße 66, 38112 Braunschweig
- Grütmacher, Martin (10.11.1901), Dr. phil. habil., Honorarprof. u. Ltd. Dir. a.D. (Akustik, PTB Braunschweig), Sulzbacher Straße 36, 38116 Braunschweig
- Gundermann, Karl-Dietrich (20.2.1922), Dr. rer. nat., Prof. (Organische Chemie, TU Clausthal), Birkenbachstraße 2, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Harborth, Heiko (11.2.1938), Dr. rer. nat. habil., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Bienroder Weg 47, 38106 Braunschweig
- Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr. rer. nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 38116 Braunschweig
- Haul, Robert (31.5.1912), Dr.-Ing. habil., Prof. em. (Physikalische Chemie, Universität Hannover), Schellingstraße 5, 30625 Hannover
- Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr. rer. nat., Prof. (Geographie, Universität Göttingen), Nelkenweg 10, 37154 Northeim

- Hopf, Henning (13.12.1940), Dr. phil., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Dürerstraße 8, 38106 Braunschweig
- Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr. rer. nat. habil., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Gildenstraße 41, 38100 Braunschweig
- Kersten, Martin (28.4.1906), Dr.-Ing., Honorarprof. u. Präs. i.R. (Physik, PTB Braunschweig), Am Hohen Tore 4A, 38118 Braunschweig
- Kertz, Walter (29.2.1924), Dr. rer. nat., Dr. E.h., Prof. (Geophysik und Meteorologie, TU Braunschweig), Pestalozzistraße 2, 38114 Braunschweig
- Kowalsky, Hans-Joachim (16.7.1921), Dr. rer. nat., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 20, 38302 Wolfenbüttel
- Kroepelin, Hans (28.12.1901, † 27.10.1993), Dr. phil., Prof. em. (Chemische Technologie, TU Braunschweig), Hermann-Riegel-Straße 12, 38106 Braunschweig
- Maaß, Günter (7.1.1934), Dr. rer. nat., Prof. (Biophysikalische Chemie, Medizinische Hochschule Hannover), Im Eichholz 27, 30657 Hannover
- Müller, Georg (1.10.1930), Dr. rer. nat., Prof. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Müller, Hans Robert (26.10.1911), Dr. phil. Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 49, 38302 Wolfenbüttel
- Pilger, Andreas (19.12.1910), Dr. phil. habil., Prof. em. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 125, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Richter, Egon (24.3.1928), Dr. rer. nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Sommerlust 33, 38118 Braunschweig
- Rieger, Georg Johann (16.8.1931), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Dorfstraße 33, 31275 Steinwedel
- Röhrs, Manfred (22.9.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, Tierärztliche Hochschule Hannover), Im Dorffeld 43, 30966 Hemmingen
- Rosenbach, Otto K. (25.9.1914), Dr.-Ing., Prof. em. (Geophysik, TU Clausthal), Am Hohen Tore 4A, 38118 Braunschweig
- Schügerl, Karl (22.6.1927), Dr. rer. nat., Dipl.-Ing., Prof. (Technische Chemie, Universität Hannover), Arnumer Kirchstraße 31, 30966 Hemmingen
- Schumann, Hilmar (8.11.1902), Dr. phil. habil., Prof. em. (Mineralogie, TU Braunschweig), „Im Wohnpark“ Madamenweg 14, 38118 Braunschweig
- Schwab, Klaus (20.5.1933), Dr. rer. nat., Prof. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 119, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr. rer. nat., Dir. u. Prof. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 38106 Braunschweig
- Stahl, Wolfgang (17.8.1935), Dr. rer. nat., Dir. u. Prof. (Isotopengeochemie und -geophysik, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Hermann-Löns-Weg 14, 30938 Burgwedel
- Steudel, Andreas (17.2.1925), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Hahnensteg 41C, 30459 Hannover
- Tietz, Horst (11.3.1921), Dr. phil., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Röddinger Straße 31, 30823 Garbsen

- Vollmar, Roland (1.11.1939), Dr.-Ing., Prof. (Informatik, TU Braunschweig), Wendtstraße 10, 76185 Karlsruhe
- Wannagat, Ulrich (31.5.1923), Dr. rer. nat., Dr. techn. h.c., Prof. em. (Anorganische Chemie, TU Braunschweig), Waldweg 12, 38302 Wolfenbüttel
- Weinert, Hanns Joachim (26.1.1927), Dr. phil., Dr. rer. nat. habil., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückauf-Weg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Welling, Herbert (1.9.1929), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Nogatweg 13, 30916 Isernhagen
- Willerding, Ulrich (8.7.1932), Dr. rer. nat., apl. Prof. (Botanik, Universität Göttingen), Calsowstraße 60, 37085 Göttingen
- Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr. rer. nat., Prof. (Organische Chemie, Universität Hannover), Sieversdamm 34, 30916 Isernhagen
- Zinner, Gerwalt (30.9.1924), Dr. phil., Prof. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 38104 Braunschweig

*Korrespondierende Mitglieder:*

- Bartels, Heinz, Dr. med., Prof. em. (Vegetative Physiologie, Medizinische Hochschule Hannover), Am Rehberg 7, 78337 Öhningen
- Becker, Wilhelm, Dr. phil., Dr. h.c., Prof. em. (Astronomie, Universität Basel), Im Spiegel-feld 12, CH-4102 Binningen ü. Basel/Schweiz
- Bürger, Hans, Dr. rer. nat., Dipl.-Chem., Prof. (Anorganische Chemie, Bergische Universität/Gesamtschule Wuppertal), Kruppstraße 230, 42113 Wuppertal
- Engelhardt, Wolf, Freiherr von, Dr. phil., Prof. em. (Mineralogie und Petrographie), Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universität Tübingen, Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen
- Ertl, Gerhard, Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Physikalische Chemie, Fritz-Haber-Institut, Max-Planck-Gesellschaft), Garystraße 18, 14195 Berlin
- Gutmann, Viktor, Dr. techn., Ph. D., Sc. D., Dr. rer. nat. h.c., Dr. Sc. h.c., Prof. (Chemie), Institut für Anorganische Chemie, TH Wien, Getreidemarkt 9, A-1060 Wien/Österreich
- Haken, Hermann, Dr. rer. nat., Dr. h.c. mult., Prof. (Theoretische Physik, Universität Stuttgart), Sandgrubenstraße 1, 71063 Sindelfingen
- Hengge, Edwin Franz Kurt, Dr. techn., Prof. (Anorganische Chemie, TU Graz), Ziegelstraße 9z, A-8045 Graz/Österreich
- Kaluza, Theodor, Dr. rer. nat., Prof. em. (Mathematik, Universität Hannover), Nötelweg 4, 30455 Hannover
- Keßler, Franz Rudolf (11.8.1927), Dr. phil., Prof. em. (Physik, TU Braunschweig, Am Kraus-berg 12, 52351 Düren
- Kippenhahn, Rudolf, Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Astrophysik, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik), Rautenbreite 2, 37077 Göttingen
- Kneser, Martin, Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, Universität Göttingen), Guldenhagen 5, 37085 Göttingen
- Kreutzkamp, Norbert, Dr. phil., Prof. (Pharmazeutische Chemie), Institut für Pharmazeuti-sche Chemie, Universität Hamburg, Laufgraben 28, 20146 Hamburg



- Kuhn, Hans, Dr. phil., Prof. u. Dir. i.R. (Biophysikalische Chemie, MPI für biophysikalische Chemie), Ringoldswilstraße 50, CH-3656 Tschingel ob Gunten/Schweiz
- Mensching, Horst, Dr. rer. nat., Prof. em. (Geographie, Universität Hamburg), Heinz-Hilpert-Straße 10, 37085 Göttingen
- Schaller, Friedrich, Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, Universität Wien), Rebenweg 1/14/3, A-1170 Wien/Österreich
- Scriba, Christoph J., Dr. rer. nat., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften, Universität Hamburg), Bellevue 23, 22301 Hamburg
- Tóth, Laszló Fejes, Dr., Prof. (Mathematik), Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Realtanoda U.13–15, Budapest V/Ungarn
- Unsöld, Albrecht, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c. mult., Dr. Sc. h.c., Prof. em. (Theoretische Physik und Astronomie, Universität Kiel), Sternwartenweg 17, 24105 Kiel
- Voronkov, Michael Gregor, Dr. rer. nat., Dr. h.c., Prof. u. Dir. (Chemie), Siberian Division of the Academy of Science, Institute of Organic Chemistry, 1 Favorsky Street, 664033 Irkutsk/GUS
- Witting, Hermann, Dr. rer. nat. habil., Dr. rer. nat. h.c., Prof. (Mathematik, Universität Freiburg), Anemonenweg 3, 79107 Freiburg

### **Klasse für Ingenieurwissenschaften**

*Vorsitzender:* Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rudolf Jeschar (bis 31.12.1993)

#### *Ordentliche Mitglieder:*

- Baehr, Hans Dieter (24.6.1928), Dr.-Ing., Dr. E.h., Prof. (Thermodynamik, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße 54, 30173 Hannover
- Batel, Wilhelm (3.11.1922), Dr.-Ing., Prof. u. Dir. (Verfahrenstechnik, FAL Braunschweig), Peter-Joseph-Krahe-Straße 8, 38102 Braunschweig
- Blenk, Hermann (9.12.1901), Dr. phil., Prof. em. (Flugmechanik, TU Braunschweig), Margaretenhöhe 32, 38108 Braunschweig
- Bohnet, Matthias (20.7.1933), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrens- und Kerntechnik, TU Braunschweig), Otto-Hahn-Straße 45, 38116 Braunschweig
- Bretthauer, Karlheinz (5.3.1922), Dr.-Ing., Prof. (Elektrotechnik, TU Clausthal), Berliner Straße 45, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Dizioglu, Bekir (13.12.1920), Dr.-Ing., Prof. (Getriebelehre und Maschinendynamik, TU Braunschweig), Marienburgweg 36, 38302 Wolfenbüttel
- Funke, Paul (5.2.1930), Dr.-Ing., Prof. (Werkstoffumformung, TU Clausthal), Schulstraße 15, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Groth, Klaus (8.12.1923), Dr.-Ing., Prof. (Kolbenmaschinen, Universität Hannover), Schaftrift 18, 30952 Ronnenberg
- Haeßner, Frank (6.1.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Werkstoffkunde und Herstellungsverfahren, TU Braunschweig), Julius-Leber-Straße 46, 38116 Braunschweig
- Hennicke, Hans Walter (22.1.1927, † 10.10.1993), Dr. rer. nat., Prof. (Keramik und Email, TU Clausthal), Am Turmhof 8, 38678 Clausthal-Zellerfeld

- Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing. Dr. h.c., Prof. (Energieverfahrenstechnik, TU Clausthal), Roseneck 1, 38640 Goslar
- Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Dr. h.c., Honorarprof. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig) u. Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Knappstraße 4, 38116 Braunschweig
- Lautz, Günter (15.11.1923), Dr. rer. nat., Prof. em. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 38302 Wolfenbüttel
- Leilich, Hans-Otto (28.11.1925), Dr.-Ing., Prof. em. (Datenverarbeitungsanlagen, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 61a, 38302 Wolfenbüttel
- Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Dr. h.c., Prof. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 32, 38302 Wolfenbüttel
- Leschonski, Kurt (17.12.1930), Dr.-Ing., Prof. (Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal), Am Dammgraben 20, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing., Prof. (Mechanik, TU Hamburg-Harburg), Hermann Löns-Weg 17F, 21220 Seevetal
- Marx, Claus (21.8.1931), Dr.-Ing., Dr. E.h., Prof. (Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung, TU Clausthal), Am Kleikamp 15, 30880 Laatzen
- Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Prof. em. Dr. E.h. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 38116 Braunschweig
- Mitschke, Manfred (5.5.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Buchfinkweg 1, 38112 Braunschweig
- Mühlbauer, Alfred (09.11.1932), Dr.-Ing., Prof. (Institut f. Elektrowärme, Universität Hannover), Westerfeldweg 44, 30944 Wedemark
- Musmann, Hans Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 38259 Salzgitter
- Rögener, Heinz (20.9.1913), Dr. phil., Prof. em. (Thermodynamik, Universität Hannover), Asselweg 10B, 30826 Garbsen
- Ruge, Jürgen (14.5.1921), Dr.-Ing., Prof. (Schweißtechnik und Werkstofftechnologie, TU Braunschweig), Waldstraße 16, 82110 Germering
- Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof. em. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Fürstenhofweg 1A, 38667 Bad Harzburg
- Schwerdtfeger, Klaus (16.9.1934), Dr.-Ing., Prof. (Allgemeine Metallurgie, TU Clausthal), Zeppelinstraße 28, 38640 Goslar
- Steck, Elmar (11.07.1935), Dr.-Ing. Prof. (Inst. f. Allgem. Mechanik und Festigkeitslehre, TU Braunschweig), Mauernstraße 12, 38154 Königslutter am Elm
- Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Dr. h.c. mult., Prof. (Regelungstechnik, Universität Hannover), Westermannweg 7, 30419 Hannover
- Tönshoff, Hans Kurt (14.5.1934), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Universität Hannover), Bruchholzwiesen 10, 30938 Burgwedel
- Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Dr. h.c. mult., Prof. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 38116 Braunschweig
- Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing. Dr. h.c., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 20, 38116 Braunschweig

von Zabeltitz, Christian (7.8.1932), Dr.-Ing., Prof. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover), Hellwiesen 3, 30900 Wedemark

*Korrespondierende Mitglieder:*

Beneking, Heinz, Dr. rer. nat., Prof. (Halbleitertechnik, TH Aachen), Valkenburger Straße 17, 52074 Aachen

Bosnjaković, Fran, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Dr. h.c., Prof. em., †01.10.1993 (Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt, Universität Stuttgart), Umgelterweg 17D, 70195 Stuttgart

Gersten, Klaus, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Prof. (Thermo- und Fluidodynamik, Universität Bochum), Hofleite 15, 44795 Bochum

Grigull, Ulrich, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Thermodynamik, TU München), Heinrich-Vogl-Straße 1, 81479 München

Kroener, Ekkehart, Dr. rer. nat. Prof. em. (Theor. und Angew. Physik, Univ. Stuttgart), Bardiliweg 6, 70186 Stuttgart

Mayinger, Franz, Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU München), Am Haselnußstrauch 18, 80935 München

Schlitt, Herbert, Dr. phil. nat., Prof. (Regelungstechnik), Institut für Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg, Egerlandstraße 5, 91058 Erlangen

Strutt, M.J.O., Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Höhere Elektrotechnik, ETH Zürich), Krähbühlstraße 59, CH-8044 Zürich/Schweiz

Truckenbrodt, Erich, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Strömungsmechanik, TU München), Josef-Würth-Straße 12, 82031 Grünwald

**Klasse für Bauwissenschaften**

*Vorsitzender:* Prof. Dr.-Ing. Justus Herrenberger(bis 31.12.1993)

*Ordentliche Mitglieder:*

Billib, Herbert (21.10.1904), Dr.-Ing., Dr. nat. techn. h.c., Prof. em. (Wasserwirtschaft, Hydrologie, Landwirtschaftlicher Wasserbau, Universität Hannover), Franzenbaderhof 9, 30559 Hannover

Buchwald, Konrad (16.2.1914), Dr. phil. nat. habil., Prof. em. (Landespflege, Universität Hannover), Große Heide 33, 30657 Hannover

Duddeck, Heinz (14.5.1928), Dr.-Ing., Dr. h.c., Prof. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 38124 Braunschweig

Esslinger, Maria (4.3.1913), Dr.-Ing., apl. Prof. (Statik, DFVLR Braunschweig), Bussardweg 2, 38108 Braunschweig

Gerke, Karl (10.8.1904), Dr.-Ing., Prof. em. (Geodäsie, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 19, 38106 Braunschweig

Hake, Günter (27.5.1922), Dr.-Ing., Dr. phil. h.c., Prof. (Topographie und Kartographie, Universität Hannover), Börje 58, 30966 Hemmingen

Henn, Walter (20.12.1912), Dr.-Ing., Dr. techn. h.c., Prof. em. (Baukonstruktionen und Industriebau, TU Braunschweig), Petritorwall 20, 38118 Braunschweig

- Herrenberger, Justus (27.5.1920), Dr.-Ing., Prof. em. (Baukonstruktion, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 38126 Braunschweig
- Hoeltje, Georg (16.3.1906), Dr. phil., Prof. em. (Bau- und Kunstgeschichte, Universität Hannover), Alte Herrenhäuser Straße 11c, 30419 Hannover
- Höpcke, Walter (19.8.1908), Dr.-Ing., Prof. em. (Allgemeine Vermessungskunde, Universität Hannover), Kühnsstraße 82, App. 228, 30559 Hannover
- Konecny, Gottfried (17.6.1930), Dr.-Ing., Prof. (Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Universität Hannover), Wartheweg 22, 30559 Hannover
- Kordina, Karl (7.8.1919), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Stahlbeton- und Massivbau, TU Braunschweig), Im Heidekamp 13, 38112 Braunschweig
- Mecke, Wilhelm (12.8.1907), Dr.-Ing., Prof. em. (Straßenwesen und Erdbau, TU Braunschweig), Pascheburgring 8, 37154 Northeim
- Möller, Dietrich (18.12.1927), Dr.-Ing., Prof. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Steinkamp 6, 38165 Lehre
- Natke, Hans Günther (9.5.1933), Dr. rer. nat., Prof. (Schall- und Meßtechnik, Universität Hannover), Pyrmonter Straße 51, 30459 Hannover
- Partenscky, Hans-Werner (3.4.1926), Dr.-Ing., Dr. phys., Prof. (Verkehrswasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover), Wiehbergstraße 20, 30519 Hannover
- Pelzer, Hans (20.1.1936), Dr.-Ing., Prof. (Vermessungskunde, Universität Hannover), Waldstraße 40, 31515 Wunstorf
- Pierick, Klaus (19.2.1928), Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 39108 Braunschweig
- Renard, Walter (12.5.1904), Dipl.-Ing., Prof. em. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover), Bevenser Weg 10, 30625 Hannover
- Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschestraße 26, 38126 Braunschweig
- Rothert, Heinrich (5.12.1938), Dr.-Ing., Prof. (Statik, Universität Hannover), Feldbrunnensstraße 15, 20148 Hamburg
- Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Prof. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 30559 Hannover
- Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Prof. (Baumechanik, Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 30916 Isernhagen
- Weimann, Günter (6.6.1921), Dr.-Ing., Prof. em. (Photogrammetrie und Kartographie, TU Braunschweig), Knupfertal 40, 89520 Heidenheim
- Wierig, Hans-Joachim (22.6.1927), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffkunde, Universität Hannover), Hindenburgallee 31, 30989 Gehrden
- Wortmann, Wilhelm (15.3.1897), Dipl.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Stadt- und Regionalplanung, Universität Hannover), Morgensternweg 10, 30419 Hannover
- Zielke, Werner (8.7.1937), Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, Universität Hannover), Lönsweg 31, 30826 Garbsen

*Korrespondierende Mitglieder:*

- Bjerhammer, Arne, tekn. dr., Prof. (Geodäsie), Institutionen för Geodesi, Kungl. Tekniska Högskolan, Fack 10044 S-Stockholm 70 / Schweden
- Garbrecht, Günther, Dr.-Ing., Dr. sc. h.c., Prof. (Wasserbau, Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, TU Braunschweig), Drosselweg 15, 38179 Schwülper
- Habekost, Heinrich, Dipl.-Ing., Prof. em. (Städtebau, Straßenbau, Tiefbau, TU Braunschweig), Drusenbergstraße 95, 44789 Bochum
- Hofmann, Wilhelm, Dr.-Ing., Prof. em. (Baukonstruktion und Entwerfen, Universität Hannover), Mayr-Graz-Weg 22, 82418 Murnau
- Kistenmacher, Hans, Dr. rer. pol., Prof. (Regional- und Landesplanung, Universität Kaiserslautern), Friedrich-Ebert-Straße 1, 67271 Neuleiningen
- Kracke, Rolf, Dr.-Ing., Prof. (Verkehrs- und Eisenbahnwesen, Universität Hannover), Buchenweg 4, 30952 Ronnenberg
- Krätzig, Wilfried B., Dr.-Ing., Prof. (Statik und Dynamik/Bauingenieurwesen, Ruhr-Universität Bochum), Wagenfeldstraße 8a, 58456 Witten
- Moritz, Helmut, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Erdmessung und physikalische Geodäsie, TU Graz), Maria-Troster-Straße 114, A-8043 Graz/Österreich
- Pieper, Klaus, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Statik, TU Braunschweig), Ginsterweg 13, 38126 Braunschweig
- Spengelin, Friedrich (29.3.1925), Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Universität Hannover), Habichtshorststraße 12, 30655 Hannover
- Stracke, Ferdinand (27.5.1935), Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau und Regionalplanung, Technische Universität München), Karlstraße 43/II, 80333 München
- Torge, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Universität Hannover), Mönchenkamp 4A, 30457 Hannover
- Triebel, Wolfgang, Dr.-Ing., Honorarprof. (Bauforschung, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße 48, 30173 Hannover
- Wolf, Helmut, Dr.-Ing., Dr. sc. techn. h.c., Dr. phil. h.c., Dr. h.c., Prof. em. (Geodäsie, Universität Bonn), Am Sonnenhang 10, 53127 Bonn
- Zerna, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. em. (Konstruktiver Ingenieurbau, Universität Bochum), Am Wittenstein, 45527 Hattingen

**Klasse für Geisteswissenschaften**

*Vorsitzender:* Prof. Dr. med. Dr. phil. habil. Claus-Artur Scheier (bis 31.12.1995)

*Ordentliche Mitglieder:*

- Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr. phil., Prof. (Kultur- und Geowissenschaften, Universität Osnabrück), Heinrichstraße 37, 49080 Osnabrück
- Henne, Helmut (5.4.1936), Dr. phil., Prof. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Platanenstraße 27, 38302 Wolfenbüttel
- Kamp, Norbert (24.8.1927), Dr. phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, TU Braunschweig), Leipziger Straße 236B, 38124 Braunschweig

- Killy, Walther (26.8.1917), Dr. phil., Prof. (Deutsche Literaturwissenschaften, Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel), Calsowstraße 17, 37085 Göttingen
- König, Joseph (24.9.1915), Dr. phil., Archivdirektor a.D. (Geschichte), Paracelsusstraße 24, 38302 Wolfenbüttel
- Lohse, Eduard (19.2.1924), Dr. theol. D., Honorarprof. u. Landesbischof (Ev.-luth. Landeskirche Hannover), Ernst-Curtius-Weg 7, 37075 Göttingen
- Maurach, Gregor (3.3.1932), Dr. phil., Prof. (Lateinische Philologie, TU Braunschweig), Anton-Aulke-Straße 27, 48167 Münster
- Meckseper, Cord (29.10.1934), Dr.-Ing. habil., Prof. (Bau- u. Kunstgeschichte, Universität Hannover), Eisenacher Weg, 30179 Hannover
- Mohr, Hans-Heinrich (1.6.1917), Dr. rer. pol. (Versicherungswissenschaften), Am Bürgerpark 4a, 38102 Braunschweig
- Müller, Gerhard (10.5.1929), Dr. theol., D.D., Honorarprof. u. Landesbischof (Ev.-luth. Landeskirche Braunschweig), Neuer Weg 88, 38302 Wolfenbüttel
- Nitz, Hans-Jürgen (20.8.1929), Dr. phil., Prof. (Kulturgeographie, Universität Göttingen), Kramberg 21, 37120 Bovenden
- Oberbeck, Gerhard (5.10.1925), Dr. rer. nat., Prof. (Geographie und Wirtschaftsgeographie, Universität Hamburg), Ginsterweg 4, 25474 Ellerbek
- Olsen, Karl Heinrich (20.12.1908), Dr. rer. techn. habil., apl. Prof. entpfl., Ltd. Dir. i.R. (Agrarpolitik, Landwirtschaftliche Betriebslehre, Wirtschaftsgeographie), Saarstraße 5, 38116 Braunschweig
- Raabe, Paul (21.2.1927), Dr. phil. habil., Dr. h.c. mult., apl. Prof., Roseggerweg 45, 38304 Wolfenbüttel
- Rosen, Edgar R. (18.6.1911), Dr. phil., Prof. em. (Politikwissenschaft, TU Braunschweig), Jasperallee 7, 38102 Braunschweig
- Scheier, Claus-Artur (8.9.1942), Dr. phil. habil., Dr. med., Prof. (Geschäftsführender Leiter des Philosophischen Seminars A der TU Braunschweig), Brahmsstraße 1, 38106 Braunschweig
- Schillemeit, Jost (18.2.1931), Dr. phil., Prof. (Deutsche Literaturwissenschaft, TU Braunschweig), Friedensallee 48, 38104 Braunschweig
- Schindel, Ulrich (10.10.1935), Dr. phil. habil., Prof. (Direktor des klass.-phil. Seminars der Univ. Göttingen), Albert-Schweitzer-Straße 3, 37075 Göttingen
- Schneidmüller, Bernd (22.01.1954), Prof. Dr. phil. habil. (Historisches Seminar, TU Braunschweig), Wabenweg 22, 26125 Oldenburg
- Thieme, Werner (13.10.1923), Dr. jur., Prof. (Verwaltungslehre, Universität Hamburg), Am Karpfenteich 58, 22339 Hamburg
- Thies, Harmen (26.12.1941), Dipl.-Ing., Dr. phil., Prof. (Baugeschichte, TU Braunschweig), Adolfstraße 55, 38102 Braunschweig
- Wilhelm, Herbert (8.6.1922), Dr. oec., Prof. (Volkswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Hirschbergstraße 16, 38124 Braunschweig

*Korrespondierende Mitglieder:*

- Beumann, Helmut, Dr. phil. habil., Dr. phil. h.c., Prof. em. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Marburg), Am Glaskopf 7, 35039 Marburg/Lahn
- Borst, Arno, Dr. phil., Prof. (Geschichte des Mittelalters, Universität Konstanz), Längerbühlstraße 42, 78467 Konstanz
- Burkert, Walter, Dr. phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Zürich), Wildsbergstraße 8, CH-8610 Uster/Zürich (Schweiz)
- Dörig, José, Dr. phil., Prof. (Archäologie, Universität Genf), 12, chemin des Manons, CH-1218 Grand Saconnex, Genf/Schweiz
- Ehlers, Joachim (31.5.1936), Dr. phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, TU Braunschweig), Am Wieselbau 9, 14169 Berlin
- Elbern, Victor H., Dr. phil., Honorarprof., (Kunstgeschichte, Freie Universität Berlin), Ilsesteinweg 42, 14129 Berlin
- Fehl, Philipp P., Ph. D., Dr. phil., Prof. em. (Kunstgeschichte), School of Art and Design, 408 East Peabody Drive, University of Illinois, USA-Champaign, Illinois 61820
- Garrigues, Marie-Odile, Dr. phil., Prof. (Philosophie und Theologie), Via San Damaso 49, I-00165 Rom/Italien
- Goetting, Hans, Dr. phil., Prof. (Historische Hilfswissenschaften, Universität Göttingen), Waitzweg 7, 37085 Göttingen
- Hubala, Erich, Dr. phil., Prof. em., † 08.01.1994 (Kunstgeschichte, Universität Würzburg), Liebigstraße 15, 80538 München
- Klibansky, Raymond, Dr. phil., Prof. (Department of Philosophy), Wolfson College, Oxford University, GB-Oxford OX 2 6 UD
- Lavrov, Sergée, Dr. Prof. (Ökonomische Geographie, Universität Leningrad), Universität Leningrad, Leningrad/UdSSR
- Neumann, Günter, Dr. phil. Dr. h.c., Prof. em., Thüringer Straße 20, 97078 Würzburg
- Narkiss, Bezalel, Dr. phil., Prof. (Department of Art History u. Dir. des Index of Jewish Art, Hebrew University Jerusalem), The Hebrew University, Jerusalem/Israel
- Oexle, Otto Gerhard (28.8.1939), Dr. phil., Prof. u. Dir. (Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Planckstraße 15, 37073 Göttingen
- Peroni, Adriano, Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L'Affricco 164, I-50137 Firenze/Italien
- Rambaldi, Enrico, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Universität Mailand), Via Monte Bianco 36, I-20149 Milano/Italien
- Raupach, Hans, Dr. jur. habil., Prof. em. (Soziologie, Universität München), Groffstraße 20, 80638 München
- Rosen, Stanley, Dr. phil., Prof. (Philosophie), Pennsylvania State University, 1256 South Garner Street, State College, Pennsylvania 16801/USA
- Ströker, Elisabeth (17.08.1928), Dr. phil. Dr. phil. h.c., Prof. (Philosophisches Seminar, TU Köln), Wüllnerstraße 135, 50935 Köln
- Tsujimura, Koichi, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Universität Kyoto), Sakyoku, Kamitakano, Higashida-cho 12, J-606 Kyoto/Japan

Ullmann, Ernst, Dr. phil. habil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Leipzig), Tschaikowski-  
straße 31, 04105 Leipzig

Voppel, Götz, Dr. rer. pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln),  
Neckarstraße 58, 51149 Köln

Zeitler, Rudolf, Dr. phil., Prof. em. (Kunstgeschichte, Universität Uppsala), Regngatan 16,  
S-75431 Uppsala/Schweden



